வி. அ. கிரீலின்

ஆற்றலியல் இன்றும் நாளையும்



எல்லோருக்குமான விஞ்ஞானம்

இத்தலைப்பில் . வெளிவரும் நூல்களின் ஆசிரியர் களான தலைசிறந்த சோவியத்து விஞ்ஞானிகள் சமீபகாலத்தில் ஏற்பட்ட விஞ்ஞான சாதனைகளை எல்லோரும் புரிந்துகொள்ளும் வகையில் அருமை யாக எழுதியுள்ளனர்.

1. டி. கெ. ஐத்துலா, எஸ். அ. மமேதவா 'வைரஸ் நண்பனா பகைவனா?'

2. இ. வி. பெத்ரியனோவ் 'தண்ணீரின் கதை'

3. எ. இ. சாசவ் 'இருதயம் — 20 ஆம் நூற்றாண் டில்'

ஆற்றலியல்
இன்றும் நாளையும்

இந்நூலில், புகழ்பெற்ற சோவியத்து விஞ்ஞானியும் சோவியத்து விஞ்ஞானப் பேரவை உறுப்பினருமான வி. அ. கிரீலின் அவர்கள் 20 ஆம் நூற்றுண்டில் ஆற்றலியல் வளர்ந்த விதம், வெப்ப ஆற்றல், நீராற்றல், அணு ஆற்றல் போன்றவற்றிலிருந்து மின்னாற்றலைச் சேமித்துவைத்தல், மின்னாற்றலை ஓரிடத்திலிருந்து இன்னொரிடத்திற்கு அனுப்புதல் போன்றவற்றை எல்லோரும் புரிந்து கொள்ளும் வகையில் எழுதியுள்ளார். மேலும் அவர் நாளைய ஆற்றலியலுக்கு அதிக முக்கியத்துவம் கொடுத்துள்ளார். இந்நூல் பள்ளி மற்றும் கல்லூரி மாணவர்களுக்கு மிகவும் பயனுள்ளதாக அமையும்.

В.А.Кириллин

Энергетика сегодня и завтра

வி. அ. கிரீலின்

ஆற்றலியல் இன்றும் நாளையும்

தமிழாக்கம்:
கி. பரமேஸ்வரன்



மீர் பதிப்பகம்
மாஸ்கோ

На языке тамили

சோவியட் நாட்டில் அச்சிடப்பட்டது

பொருளடக்கம்

முன்னுரை

இன்றைய உலகில் உற்பத்தி வளர்ச்சிக்கு ஆற்றலியல் (Energetics), மின்மயமாக்குதல் போன்றவை மிக முக்கிய பங்காற்றுகின்றன.

1920 ஆம் ஆண்டு டிசம்பர் மாதம் நடந்த சோவியத்துகளின் எட்டாவது அகில ருஷ்ய காங்கிரசில் வி. இ. லெனின் இக்கருத்தை மிகத் தெளிவாகவும் மிகச் சுருக்கமாகவும் விளக்கினார். ''கம்யூனிசம் என்பது சோவியத்து ஆட்சி அதிகாரம், நாடு முழுவதும் மின்மயமாக்குதல் ஆகியவை ஒன்றிணைந்ததாகும்'' என்றார் அவர். வி. இ. லெனின் மின்மயமாக்குதலைத் தொழில் வளர்ச்சிக்கும் தேசீய பொருளாதாரத்தின் வெற்றிகரமான வளர்ச்சிக்குமான மிகப் பயனுள்ள சாதனமாகக் கண்டார்.

ஏன் பொருளாதார வளர்ச்சிக்கு மின்மயமாக்குதல் அவ்வளவு முக்கியமானது?

நவீன மனிதனுடைய வாழ்க்கைத் தரம் உயருவதற்கு மின்னாற்றல் முக்கிய பங்கு வகிக்கிறது. தொழிற்சாலைகள், வாகனங்கள், விவசாயத்துறை போன்றவற்றின் மின் உபயோகம்

ஆண்டுக்கு ஆண்டு அதிகமாகிக்கொண்டேயிருக்கிறது.

ஆற்றலியலின் வளர்ச்சி, மின்மயமாக்குதல் போன்றவையின்றி அறிவியல்-தொழில்நுட்ப வளர்ச்சி ஏற்படாது. உற்பத்தியை அதிகரிக்க வேண்டுமென்றால் உற்பத்தி முறைகளை இயந்திர மற்றும் தானியங்குமயமாக்க வேண்டும். அதாவது மனித உழைப்பை இயந்திரங்களால் மாற்றீடு செய்வதற்கு மிக முக்கியத்துவம் அளிக்க வேண்டும். ஆனால் இயந்திர மற்றும் தானியங்குமயமாக்குதலுக்குத் தேவையான பெரும்பாலான தொழில்நுட்ப சாதனங்கள் (இயந்திரங்கள், கருவிகள், கம்ப்யூட்டர்கள்) மின்சாரத்திலேயே வேலைசெய்கின்றன.

ஏன் மின்னாற்றலின் தேவை மட்டும் இவ்வளவு வேகமாக வளர்கிறது? அதன் மேம்பாடுதான் என்ன?

மின்னாற்றலானது பல்வேறு செயல்களுக்காகப் பயன்படுத்தப்படலாம். உதாரணமாக அதை வெப்பமாக்குவது மிக எளிதாகும். இந்த இயற்பாட்டையே, உதாரணமாக, மின்விளக்குகளில் (இப்பொழுது நாம் இவற்றை மின்னொளித் தோற்றுவாய்கள் என அழைக்கிறோம்) பயன்படுத்துகின்றனர். மின்சாரம் மெல்லிய டங்ஸ்டன் கம்பியின் வழியாகப் பாய்வதன் விளைவாக, கம்பி 2100 — 2600°C வரை சூடாகிப் பிரகாசமாக ஒளிருகிறது. டங்ஸ்டன் ஏன் தேர்ந்தெடுக்கப்பட்டதென்றால் அதன் உருகு

நிலை மிகவும் அதிகமானதாகும். ஏறக்குறைய 3380°C வரையானது. ஆனால் 400 — 500°C வெப்பநிலையிலேயே டங்ஸ்டன் ஆக்ஸிஜன் ஏற்றப் படுகிற காரணத்தினால் டங்ஸ்டன் இழையின் வேலைக்காலம் குறையக் கூடும். ஆகவேதான் டங்ஸ்டன் இழையின் வேலைக்காலத்தை அதி கரிக்க, டங்ஸ்டன் இழையுள்ள கண்ணாடி பல்பிலுள்ள காற்றை வெளியே எடுத்து அதனுள் ஆக்ஸிஜனைக் கொண்டிராத மந்த வாயுவை நிரப்புகின்றனர். தொழிற்சாலைகளில் பயன் படுத்தப்படும் உலைகள் (உதாரணமாக, உலோகத் தொழிலில்), பல்வேறு சூடேற்று சாதனங்கள், அறையைக் கதகதப்பாக்கும் சாதனங்கள் போன் றவற்றில் மின்சாரம் வெப்பமாக மாற்றப் படுகிறது.

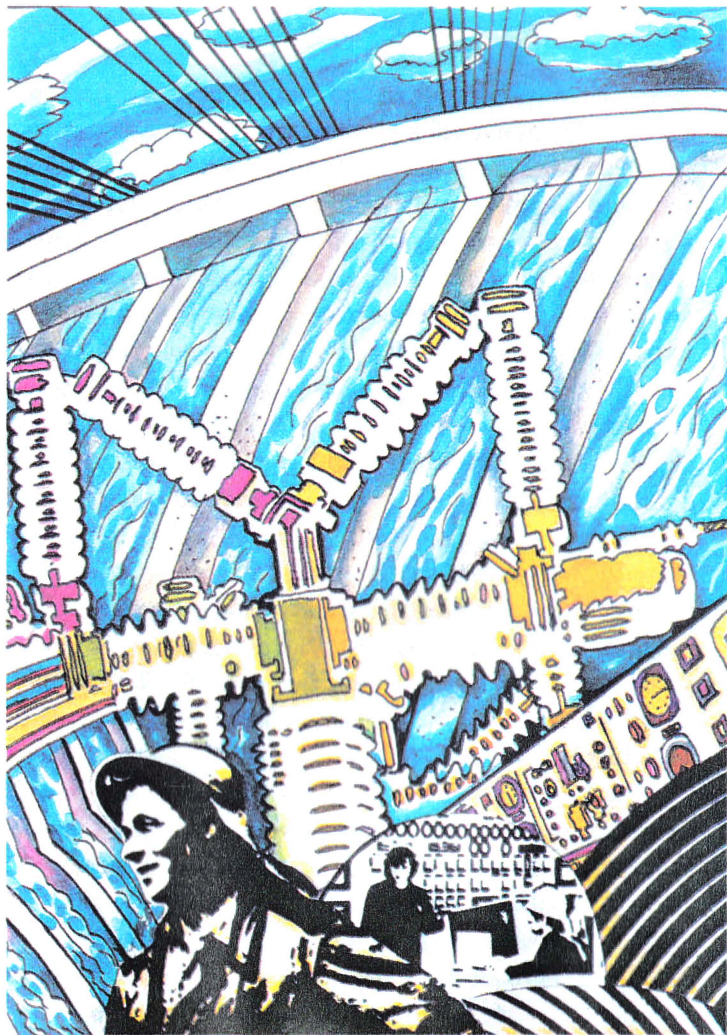
மின்னாற்றல் மின்மோட்டார்களை இயக்குவதற் காகப் பரவலாகப் பயன்படுத்தப்படுகிறது. மின் இயந்திரங்களின் திறன்கள் வெவ்வேறானவை. ஒரு வாட்டுக்கும் குறைவான திறன் கொண்ட மின் இயந்திரங்களிலிருந்து (பல்வேறு தொழில் துறைகள் மற்றும் சாதாரணமாக வீட்டில் பயன்படுத்தும் சாதனங்களிலுள்ள நுண் எஞ்சின் கள்) 1 மில்லியன் கிலோவாட்டுக்கும் மேலான (மின்நிலையங்களின் மின்னாக்கிகள்) திறன் கொண்ட மின் எஞ்சின்கள்வரை உருவாக்கப்பட்டுள்ளன.

அருகிலுள்ள இடங்களுக்கோ அல்லது அதிதொ லைவிலான இடங்களுக்கோ கம்பிகளின் உதவி கொண்டு மின்னாற்றலை அனுப்புவது எளிதானதால்

எவ்வளவு மின்சாரத்தை வேண்டுமானுலும் அது உற்பத்தி செய்யப்படும் மின்நிலையங்களிலிருந்து அதைப் பயன்படுத்தும் சாதனங்களுக்கு அனுப்புவது சாத்தியமாகிறது.

1913 ஆம் ஆண்டு, புரட்சிக்கு முன்பான ருஷ்யாவில் இருந்த மின்நிலையங்களுடைய மொத்த திறன் ஏறக்குறைய 400 ஆயிரம் கி. வாட்டாகவும் வருடாந்திர மின் உற்பத்தி ஏறக்குறைய 2 பில்லியன் கி. வாட்·மணி(ஒரு கிலோ வாட்டு திறஞல் ஒரு மணி நேரத்தில் செய்யப்பட்ட வேலையின் அளவே ஒரு கி. வாட்.மணி எனப்படுகிறது மொ-ர்) ஆகவும் இருந்தது. இருப்பினும் அது அக்காலத்திய தேவையைப் பூர்த்தி செய்யவில்லை. அப்பொழுதிருந்த ருஷ்யாவின் ஒவ்வொரு குடிமகனும் வருடத்திற்கு 12.5 கி. வாட்.மணி மின்ஞற்றலே பெற்ருன். ஆஞல் 1980 ஆம் ஆண்டோ, சோவியத்து யூனியனின் ஒவ்வொரு குடிமகனுக்கும் வருடத்தில் ஏறக்குறைய 5300 கி. வாட்·மணி மின்ஞற்றல் கிடைத்தது. இது ஏறக்குறைய 425 தடவை அதிகமாகும்.

அக்டோபர் புரட்சிக்குப் பின், நாடு முழுவதையும் மின் மயமாக்குவது மிக முக்கியமான பணியாகக் கருதப்பட்டது. 1920 ஆண்டு நடந்த சோவியத்துக்களின் 8வது அகில ருஷ்ய காங்கிரஸ் ருஷ்யாவை மின்மயமாக்குவது பற்றிய அரசாங்கத் திட்டத்தை அங்கீகரித்தது. இத்திட்டம் வி. இ. லெனின் தலைமையில் அவரது



முன்முயற்சியால் உருவாக்கப்பட்டது. 10 — 15 ஆண்டுகளில், 1750 ஆயிரம் கி. வாட் மொத்த திறன் கொண்ட 30 புதிய வெப்ப, நீர் மின் நிலையங்களைக் கட்டுவது பற்றி இத்திட்டத்தில் ஆலோசிக்கப்பட்டது.

இது என்ன அதிகமா அல்லது குறைவா? அப்பொழுதிருந்த தேவையைக் கொண்டு பார்த் தால் இது மிகவும் அதிகமானதே. புரட்சிக்கு முன்பான ருஷ்யாவிலிருந்த மின்நிலையங்களின் மொத்த திறன் 400 ஆயிரம் கி. வாட் என நாம் ஏற்கனவை கூறியுள்ளோம். ஆனால் 1920 ஆம் ஆண்டோ மின் உற்பத்தி முன்பிருந் ததை விடக் குறைந்தது. ஆகவேதான், முதல் உலகப்போருக்கு முன்பிருந்த மின்நிலையங்களின் மொத்த திறனைவிட 4.4 தடவை அதிகமான திறன் கொண்ட புதிய மின்நிலையங்களை 10 — 15 ஆண்டுகளில் கட்டுவது எனத் திட்டமிடப் பட்டது. இது நன்கு ஆலோசிக்கப்பட்ட துணிவானதொரு திட்டமாகும். இத்திட்டம் மட்டும் வெற்றிகரமாக நிறைவேற்றப்பட்டால் அது சோவியத்து பொருளாதார வளர்ச்சிக்கு அடித்தளமாக அமைவதோடு சோவியத்து அரசாங் கத் திட்டக் கமிஷனுக்கும் அடித்தளமாக அமையும்.

இதன்பின் பல ஆண்டுகள் உருண்டோடிவிட் டன. சோவியத்து யூனியனில் ஆற்றலியல் மிக விரைவாக வளர்ந்தது. மின் உற்பத்தி, மின்நிலையங்களுடைய மொத்த திறன் ஆகியவற்

றில் தற்பொழுது சோவியத் யூனியன் உலகில் இரண்டாவது இடத்தை வகிக்கிறது. முதலிடம் வகிப்பது அமெரிக்க ஐக்கிய நாடாகும். 1913 ஆம் ஆண்டு ருஷ்யாவின் மின் உற்பத்தி அமெரிக்க நாட்டின் மின் உற்பத்தியில் 8 % மட்டுமே இருந்தது. ஆனால் 1950 ஆம் ஆண்டு சோவியத்து யூனியனில் அது 22 % ஆகி 1970 ஆம் ஆண்டு 50 % ஆக உயர்ந்தது.

சோவியத்து கம்யூனிஸ்ட் கட்சியின் 26 வது காங்கிரஸ், 11 வது ஐந்தாண்டு திட்டத்தில் சோவியத்து யூனியனுடைய மின் உற்பத்தியை 1980 ஆம் ஆண்டு 1295 பில்லியன் கி.வாட்·மணி ஆக உயர்த்த வேண்டும் என்றும் 1985 ஆம் ஆண்டு அதை 1550 — 1600 பில்லியன் கி. வாட்·மணி ஆக்கவேண்டும் அதாவது இன்னும் 20 — 24 % அதிகரிக்க வேண்டும் என நிர்ணயித்தது.

ஆற்றலியல் அல்லது இப்பொழுது அடிக்கடி அழைக்கப்படுவது போல எரிபொருள் — ஆற்றல் இயந்திர கூட்டமைப்பு (Fuel-energy Complex) சோவியத்து யூனியனில் அதிவேகமாக வளர்ந்து வருகிறது. அதன் தொழில்நுட்பத் தரம் இடையறாது மேம்படுத்தப்படுகிறது.

இன்றைய ஆற்றலியல்

சுருக்கமான வரலாறு. மனித சமுதாயம் எவ்வளவுக்கெவ்வளவு அதிக வளர்ச்சியடைகிறதோ அவ்வளவுக்கவ்வளவு அதன் மின்னாற்றல் தேவையும் அதிகரிக்கிறது.

பழங்காலத்தில் மனிதன் குளிர் காயவும் உணவு சமைக்கவும் தண்ணீரைக் கொதிக்க வைக்கவும் களிமண் பாண்டங்களைச் சூளையில் வைத்து எடுக்கவும் உலோகத்தை உருக்கவும் தாவர எரிபொருளையே (மரம், நாணல் போன்றவை) பயன்படுத்தத் துவங்கினான். நீர் மற்றும் காற்றுவிசை எஞ்சின்கள் உருவாக்கப்பட்டதன் விளைவாக அவனுக்கு இயந்திர ஆற்றல் (Mechanical energy) அதிகமாகக் கிடைக்கும் வாய்ப்பு கிட்டியது. 18 ஆம் நூற்றாண்டின் இடைக்காலத்தில் நடந்த மாபெரும் நிகழ்ச்சி நீராவி இயந்திரம் கண்டுபிடிக்கப்பட்டதுதான். அக்காலத்தில் இந்நீராவி இயந்திரங்களின் மூலம் வெப்ப ஆற்றலைப் பயன்படுத்தி அதிகமான இயந்திர ஆற்றலைப் பெற்றனர். இவ்வெப்ப ஆற்றல் எரிபொருள் எரிக்கப்படுவதன் மூலம் பெறப்பட்டது. 18 ஆம் நூற்றாண்டின் இரண்டாவது பாதியில் நீராவி இயந்திரங்கள் இடையறாது மேம்படுத்தப்பட்டுப் பரவலாகப் பயன்படுத்தப் பட்டன. இந்த நீராவி இயந்திரங்களின் உதவியால்தான் தொழிற்புரட்சி ஏற்பட்டது. அதாவது கையினால் உற்பத்தி செய்வதற்குப்

பதில் இயந்திர உற்பத்தி வந்தது. தொழிற்சாலைகள் மற்றும் வாகனங்களில் நீராவி இயந்திரங்கள் மேலும் மேலும் அதிகமாகப் பயன்படுத்தப்பட்டன. 19 ஆம் நூற்ருண்டின் இறுதியில், நீராவி இயந்திரங்களின் மொத்த திறன் 120 மில்லியன் குதிரைத் திறனை (88.2 மில்லியன் கி. வாட்) எட்டியது.

ஆனல் 20 ஆம் நூற்ருண்டில் அதிதிறன் வாய்ந்த எஞ்சின்கள் தேவைப்பட்டன. இதுவே நீராவி டர்பைன்களை உண்டாக்குவதற்கான காரணமாக அமைந்தது. 19ம் நூற்ருண்டின் இரண்டாவது பாதியில், மக்கள் உள்ளெரி எஞ்சின்களைப் (Internal combustion engine) (பிஸ்டன் கொண்ட) பயன்படுத்தத் தொடங்கினர். இந்த என்ஜின்களில் எரிபொருள், எஞ்சினுக்கு உள்ளேயே அதாவது சிலிண்டரில் எரிகிறது. இந்த எஞ்சின் எடை குறைவாகவும் பரிமாணத்தில் சிறியதாகவும் இருப்பதனுல் வாகனங்களில் நீராவி எஞ்சினுக்குப் பதிலாகப் பயன்படுத்தப்பட்டது. பிஸ்டன் கொண்ட நீராவி இயந்திரம் நாகரீக வளர்ச்சியில் மிகப் பெரிய பங்காற்றியது.

தொழில்நுட்பவியலின் அடுத்த பெரிய முன்னேற்றம் மின்சாரம் கண்டுபிடிக்கப்பட்டு அது பரவலாகப் பயன்படுத்தப்பட்டதுதான். ஒருசில நூற்ருண்டு காலமாக மின் இயற்பாடுகள் கண்டுபிடிக்கப்பட்டு அவற்றை ஒன்று திரட்டுவதற்கான முயற்சிகள் மேற்கொள்ளப்பட்டன. அதன்

விளைவாக பொதுவான ஒரு மின் கொள்கை உருவாக்கப்பட்டது. பின் வருவன மின் இயற்பாடுகளுக்கான ஒருசில உதாரணங்களாகும். உராய்விஞல் ஏற்படும் மின்சாரம் (17ம் நூற்ருண்டின் தொடக்கத்தில்); மின்சுமைகள் மற்றும் அவற்றின் செயலெதிர்ச் செயல் (18ம் நூற்ருண்டு); வளிமண்டல மின்சாரப் புலப்பாடுகள் (18ம் நூற்ருண்டின் இரண்டாவது பாதி); இரசாயன மின் தோற்றுவாய்கள், மின்சாரம் (18ம் நூற்ருண்டின் இறுதியில்); மின்சார மற்றும் காந்த இயற்பாடுகளுக்கிடையேயான தொடர்பு; மின்காந்தத் தூண்டல், மின் மற்றும் காந்தப் புலங்கள்; ஒளியின் மின்காந்தத்தன்மை; சாதாரணமான மின்னணு அதாவது எலக்ட்ரான் (19ம் நூற்ருண்டு).

மின்சாரம் என்ருல் என்ன? இக்கேள்விக்கு எல்லோராலும் ஏற்றுக்கொள்ளப்பட்ட விடை இல்லை. பிரபல சோவியத்து விஞ்ஞானி சி. எம். ரீதோவ் இதைப் பின்வருமாறு வரையறுக்கிருர்: மின்சாரம் என்பது மின்சுமைகளும் அவற்றுடன் இணைந்துள்ள காந்தப் புலங்களுமாகும். இங்கு மின்சாரத்தைப் பற்றிப் புரிந்துகொள்வதற்காக இரண்டு அடிப்படைக் கருத்துகள் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன. அவை மின் சுமைகளும் மின்காந்தப் புலமும் ஆகும்.

மின் சுமைகள் மைக்ரோஸ்கோப்பிக் ஆகவோ மாக்ரோஸ்கோபிக் ஆகவோ இருக்கலாம். மைக்ரோஸ்கோபிக் மின் சுமைகள்


Fig.1.

பருப்பொருளின் அடிப்படைத் துகள்களில் உள்ளவை. உதாரணமாக, எலக்ட்ரானில் எதிர்மின் சுமையும் புரோட்டானில் நேர்மின் சுமையும் உள்ளன. 'எலக்ட்ரான்' என்ற பெயர் 1891 ஆம் ஆண்டு ஆங்கில விஞ்ஞானியான டி. ஸ்போனி என்பவரால் சாதாரணமான மின் சுமைக்கே கொடுக்கப்பட்டது என்பதை இங்கு குறிப்பிடுவோம். ஆனால் இப்பொழுதோ இப்பெயர் எதிர்மின்சுமையுடைய அடிப்படைத் துகளையே குறிக்கிறது. பரிமாணங்கள், பொருண்மை, வேறு சில சிறப்பியல்புகள் ஆகியவற்றை அளக்க முடியும் பொருட்கள் மட்டுமே மாக்ரோஸ்கோபிக் மின்சுமைகளைக் கொண்டிருக்க முடியும். ஏராளமான அடிப்படைத் துகள்களைக் கொண்ட இப்பொருட்களை, இயற்பியலில் மாக்ரோ உலகத்தைச் சார்ந்த பொருட்கள் என்பர்.

மின் சுமைகள் கண்டுபிடிக்கப்பட்டது, மின் சோதனையின் வளர்ச்சி, காலப்போக்கில் தோன்றிய இரசாயன மின் தோற்றுவாய்கள் போன்றவை மின் அழுத்தம், மின்சாரம் (மின்கம்பிகளின் வழியாகத் தொலைதூரம் ஓடிக்கொண்டிருக்கும் மின் சுமைகள்) போன்ற கருத்துகள் தோன்றுவதற்கு ஏதுவாக அமைந்தன.

இயற்பியல் புலம் (மின்காந்தப் புலம் என்பது இதன் வகைகளில் ஒன்றாகும்) நவீன இயற்கை விஞ்ஞானத்தின் அடிப்படைக் கருத்துகளில் ஒன்றாகும். இயற்பியல் புலம் என்பது பருட்பொருளின் வாழ்நிலையின் ஒரு விசேஷ வடிவமாகும்.

ர. டிக்கார்ட், ஐ. நியூட்டன் காலத்திலிருந்து மூன்று நூற்றுண்டுகள் நீடித்த விவாதங்களுக்குப் பின்னரே அறிவியல் இம்முடிவுக்கு வந்தது.

19ம் நூற்றுண்டில் மை. பாரடே மற்றும் டி. மாக்ஸ்வெல் என்பவர்களால் மின்காந்தப் புலத்தைப் பற்றிய அடிப்படைக் கருத்துகள் உருவாக்கப்பட்டன. தற்காலக் கண்ணேட்டத்தின்படி தனிப்பட்ட துகள்கள், இயந்திர அமைப்பு (Mechanical system) ஆகியவற்றைப் போன்றே இந்த மின்காந்தப் புலமானது ஆற்றல், உந்தம் (Momentum) கோண உந்தம் அல்லது உந்தத்தின் திருப்புதிறன் (Moment of momentum) ஆகியவற்றைக் கொண்டுள்ளது. இப்புலத்தால் துகள்களுடனும் மாக்ரோஸ்கோப்பிக் பொருட்களுடனும் ஆற்றல், உந்தம், உந்தத்தின் திருப்புதிறன் ஆகியவற்றைப் பரிமாறிக்கொள்ள இயலும். ஆகவே ஆற்றல், உந்தம், உந்தத்தின் திருப்புதிறன் ஆகியவற்றின் அழிவின்மை விதிகளானவை புலம், துகள்கள், மாக்ரோஸ்கோபிக் பொருட்கள் ஆகியவற்றுல் ஆன ஒரு மூடிய அமைப்புக்குப் (Closed system) பொருந்துவதாக உள்ளது.

மின்காந்தப் புலம் விசும்பில் அதிவேகமாகப் பரவ வல்லது. இந்த இயற்பாட்டையே நாம் மின்காந்த அலைகள் என்கிறேம். ஒளி என்பது 0.1 — 1 மைக்ரான் அலைநீளத்தைக் கொண்ட மின்காந்த அலைகளேதவிர வேறில்லை என்பது நம் எல்லோருக்கும் தெரியும்.


АРКТИКА
14.230.056

19 ஆம் நூற்றாண்டின் இடைக்காலத்தில்தான் மின்சாரத்தைத் தொழில்துறையில் பரவலாகப் பயன்படுத்தத் தொடங்கினார்கள். மின் காந்தத் தூண்டல் கண்டுபிடிக்கப்பட்ட பின்னரே இயந்திர ஆற்றலை மின்னாற்றலாக மாற்றுவதை அடிப் படைத் தத்துவமாகக் கொண்ட மின் மோட் டார்கள், மின்னாக்கிகள், மேம்படுத்தப்பட்ட தந்தி சாதனங்கள், ஒளிக்கருவிகள், மின்பகுப்புச் சாதனங்கள் போன்ற ஏராளமானவை உருவாக் கப்பட்டன.

நம் காலம். *நாகரிகம் வளர வளரக் கூடவே வெப்ப, மின், இயந்திர ஆற்றல்களைப் பயன்படுத் துவதும் மிக விரைவாக வளர்ந்து கொண்டே யிருக்கிறது. கடைசியாகக் கூறப்பட்ட மின்னாற் றலின் தேவை ஆண்டுக்கு ஆண்டு அதிகரித்துவரு கிறது.*

1975 ஆம் ஆண்டு உலகிலுள்ள எல்லா நாடுகளால் பயன் படுத்தப்பட்ட இயற்கை ஆற்றல் வளங்கள் மிகப் பெரிய எண்ணிகை, 78×10^{12} *கி. வாட்·மணி அதாவது 78 டிரிலியன் கி. வாட்·மணியாக இருந்தது. இயற்கை ஆற்றல் வளங்கள் என்பது அங்கக எரிபொருள், நீர் மற்றும் அணு ஆற்றல், வேறு சில (சூரிய ஆற்றல், காற்று ஆற்றல், கடல் எழுச்சியினால் ஏற்படும் ஆற்றல், பூமியின் வெப்ப ஆற்றல்) ஆற்றல்கள் ஆகும்.*

பயன்படுத்தப்படும் ஆற்றலில் பாதிக்கு மேல்

வெப்பமாக்கப்பட்டுத் தொழில்துறைத் தேவைகள், அறையைச் சூடுபடுத்துதல், உணவு சமைத்தல் போன்றவற்றிற்காகப் பயன்படுத்தப்படுகிறது. மீதி, இயந்திர (அதிகமாக வாகனங்களில்), மின்னுற்றல் ரூபத்தில் பயன்படுத்தப்படுகிறது. வெப்ப ஆற்றலை மற்ற வகையான ஆற்றல்களாக மாற்றுவது என்பதும் மற்ற ஆற்றல்களை வெப்ப ஆற்றலாக மாற்றுவது என்பதும் கொள்கைரீதியிலான ஒரு வேறுபாட்டைக் கொண்டுள்ளது. இதைப் பற்றி பின்னுல் விளக்கமாகப் பார்ப்போம். ஆனுல் ஒன்றைமட்டும் கவனத்தில் கொள்வோம்: உதாரணமாக, 1 கி. ஜூல் வெப்பத்தைப் பெறுவதற்காக 1 கி. ஜூல் இயந்திர ஆற்றலோ மின்னுற்றலோ போதுமானது. ஆனுல், 1 கி. ஜூல் இயந்திர ஆற்றலையோ மின்னுற்றலையோ பெறுவதற்கு 1 கி. ஜூலுக்கும் அதிகமான வெப்பம் தேவைப்படுகிறது.

காலப்போக்கில் ஆற்றல் உபயோகமானது அதிகரித்துக்கொண்டேயிருக்கும் என வல்லுனர்கள் கருதுகின்றனர். 20 வருடங்களில் அதாவது 1980 லிருந்து 2000 க்குள் அது சுமார் இரண்டு மடங்கு அதிகரிக்கும்.

சோவியத்து யூனியனில் ஆற்றலியல் நன்ருக வளர்ந்துள்ளது என்று நாம் ஏற்கனவே கூறியுள்ளோம். இது குறிப்பாக, இரண்டாம் உலகப்போருக்குப் பின்னரே ஏற்பட்டது. சோவியத்து யூனியனில் அங்கக எரிபொருளில் (கரி, இயற்கை வாயு, பெட்ரோலியத்தைக் காய்ச்சி

வடிக்கும்பொழுது கிடைக்கும் ஓரளவு மலிவான பொருட்கள், கனிமப் பாறைகள், முற்று நிலக்கரி) வேலைசெய்யும் வெப்ப மின்நிலையங்கள் மிக வேகமாகக் கட்டப்பட்டன. வெப்பமின்நிலையத்தின் பிரதான இயந்திரத் தொகுப்புகளின் (Aggregates) [நீராவிக் கொதிகலன், டர்பைன், மின்னாக்கி, மின்மாற்றி (Transformer)] திறனை அதிகரித்தல், டர்பைன் கொதிகலனிலிருந்து பெற்று பயன்படுத்தும் நீராவியின் அழுத்தம், வெப்ப நிலை ஆகியவற்றை அதிகரித்தல், இலாபகரமான முறையான மின், வெப்ப ஆற்றல்களை ஒருங்கே உற்பத்தி செய்வதைப் பரவலாகப் பயன்படுத்துதல் அதாவது வெப்ப மின்கேந்திரத்தை (வெ.மி.கே.) அமைத்தல், வெப்ப மின் நிலையத்தின் பிரதான தொழில் நுட்பச் செயல் முறைகளை (Technological process) தானியங்கு மயமாக்குதல், வெப்ப மின்நிலையத்தை அதிக நம்பகரமாக வேலைசெய்யும்படி செய்தல் ஆகியவை நடைமுறைபடுத்தப் பட்டதன் மூலம் வெப்ப மின்நிலையங்களின் பொருளாதார குறியெண்கள் (மின்னாற்றலின் அடக்கவிலை, வெ.மி.நி கட்டுவதற்கான செலவு, இதர பிற) சீர்படுத்தப்பட்டன.

தற்பொழுது சோவியத்து யூனியனில் அதிதிறன் வாய்ந்த சில வெப்ப மின்நிலையங்கள் பயன் படுத்தப்படுகின்றன. அவற்றில் ஸபரோஸ்கியா மற்றும் உக்ளிகோர்ஸ்கயா வெப்பமின்நிலையங்கள் ஐரோப்பாவிலேயே மிகப் பெரியனவாகும்.

இம்மின்நிலையங்கள் ஒவ்வொன்றும் 3.6 மில்லியன் கி. வாட் திறன் கொண்டவை. தற்பொழுது கான்ஸ்க — அசீன்ஸ்க் நிலக்கரிப் பிரதேசத்தை அடிப்படையாகக் கொண்டு 6.4 மில்லியன் கி. வாட் திறன் கொண்ட வெ.மி.நி. கட்டப் பட்டுவருகிறது.

இரண்டாம் உலகப்போருக்குப் பின்வந்த ஆண்டுகளில் திறன் வாய்ந்த நீர்மின்நிலையங்கள் (நீ.மி.நி) கட்டப்பட்டன. அவை முதலில் வோல்கா நதியில் பிறகு அங்காரா, எனிசேய் போன்ற சைபீரிய நதிகளில் கட்டப்பட்டன. அங்காரா நதியில் கட்டப்பட்ட பிராத்ஸ்கயா என்ற நீர்மின்நிலையமும் (4 மில்லியன் கி. வாட் டுக்கும் மேலான திறன் கொண்டது), எனிசேய் நதியில் கட்டப்பட்ட கிராஸ்னயார்ஸ்கயா (திறன் 6 மில்லியன் கி. வாட்) நீர் மின்நிலையமும் உலகிலேயே மிகப் பெரியனவாகும். தற்பொழுது உலகிலேயே மிகத் திறன்வாய்ந்த தயான — சூசென்ஸ்கி நீர் மின்நிலையம் கட்டி முடிக்கப்படும் தறுவாயில் உள்ளது. கட்டி முடிக்கப்பட்டபின் அதன் திறன் 6.5 மில்லியன் கி. வாட்டாக இருக்கும். சமீபகாலத்தில் தோன்றிய அணு ஆற்றலியலும் விரைவாக வளர்ந்துவருகிறது.

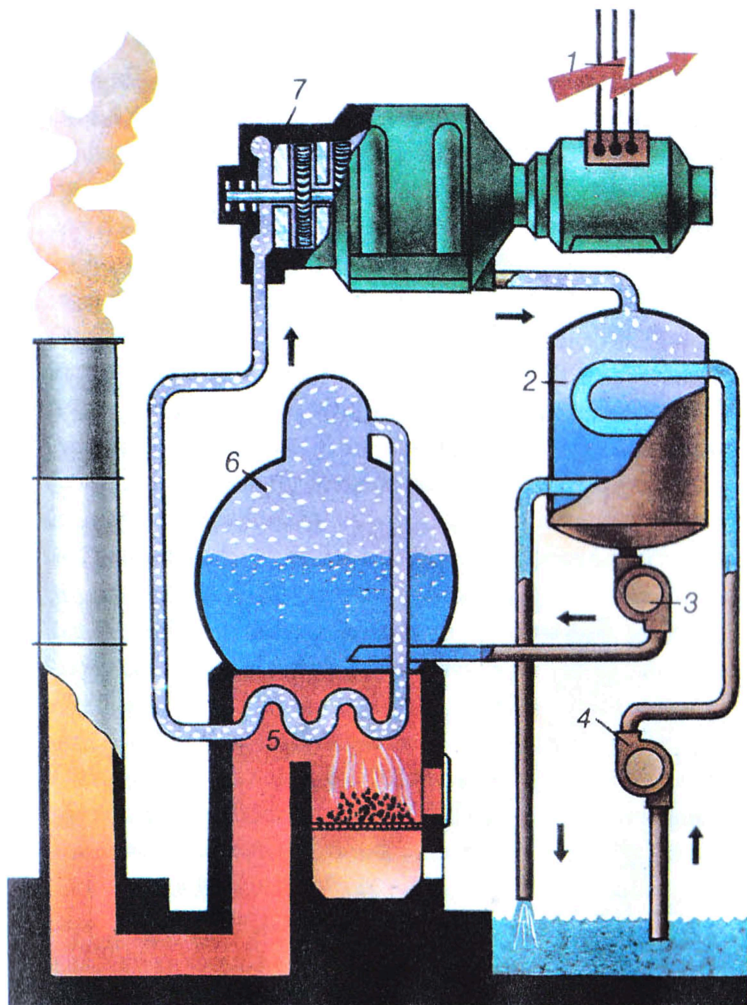
1980 ஆம் ஆண்டு உலகிலுள்ள அணுமின்நிலை யங்களின் (அ.மி.நி) மொத்த திறன் 100 மில்லியன் கி. வாட்டை விஞ்சியது. சோவியத்து யூனியனில் 1 மில்லியன் கி. வாட்டுக்கும் மேலான திறன் கொண்ட அணு உலைகளைக்

கொண்ட (Nuclear reactors) அணுமின் நிலையங்கள் அதிவிரைவாகக் கட்டப்பட்டுவரு கின்றன. பலவிதமான மின்நிலையங்களைக் கட்டு வதோடு, புதிய அங்கக எரிபொருள் வயல்களைக் கண்டுபிடித்து அதைப் பயன்படுத்துவது, ஏற் கனவே பயன்படுத்தப்படும் வயல்களை முன்னேற் றுவது சம்பந்தமான பணிகளும்மேற்கொள் ளப்படுகின்றன. மேலும் எல்லா மின்நிலையங் களும் ஒரு தொகுதிக்குட்படுத்தப்படுகின்றன. மேற்கூறியவை மட்டுமின்றி நாளைய ஆற்றலி யலுக்குத் தேவையான வேறுசில துறைகளில் ஆராய்ச்சிகள் செய்யப்பட்டு வருகின்றன.

வெப்ப மின்நிலையம் (வெ.மி.நி). முதல் கண்ணோட்டத்தில் வெப்ப ஆற்றலை வேறு ஆற்றலாக மாற்றுவது சம்பந்தப்பட்ட எல்லாச் செயல்முறைகளும் (உதாரணமாக வெப்பம் இயந்திர ஆற்றலாக மாற்றப்படும்பொழுது) மிக எளிதானவை போலத் தோன்றும். அவற்றை விரிவாக ஆராய்ந்தால் எழும் ஏராளமான கேள்விகளுக்கு விடையளிக்க ஆழ்ந்த ஞானம் தேவைப்படுகிறது.

வெ.மி.நித்தின் வேலைமுறையைப் பார்ப் போம் (படத்தைப் பார்க்க). எரிபொருள்

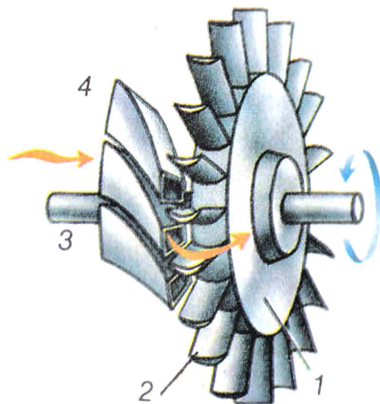
வெப்ப மின்நிலையத்தின் எளிதாக்கப்பட்ட விளக்கப்படம்
1 — மின்னாக்கி; 2 — நீராவிக் குளிர்ப்பி; 3 — பம்பு; 4 — குளிர் நீர் இறைக்கும் பம்பு; 5 — உலை; 6 — நீராவிக்கொதிகலன்; 7 — நீராவி டர்பைன்


1
7
2
6
3
4
5

மற்றும் ஆக்ஸிஜன் ஏற்றி (பொதுவாக, சூடேற்றப்பட்ட காற்று) இடையருது கொதிகலனினுடைய உலைக்கு அனுப்பப்படுகிறது. நிலக்கரி அடிக்கடி எரிபொருளாக உபயோகப்படுத்தப்படுகிறது. மலிவான எரிபொருளான கனிமப் பாறைகள் கூட பயன்படுத்தப்படுகின்றன. இவைமட்டுமல்லாமல் இயற்கை வாயு மற்றும் எண்ணெய்க் கசடு (பெட்ரோலியத்தைக் காய்ச்சி வடிக்கும்பொழுது கிடைக்கும் பொருள்; இன்னும் துல்லியமாகக் கூறப்போனல் பெட்ரோலியத்திலிருந்து பெட்ரோல், மண்ணெண்ணெய் மற்றும் வேறு சில பொருட்கள் எடுக்கப்பட்ட பின் இருக்கும் கசடு) பரவாகப் பயன்படுத்தப்பட்டுவருகின்றன. இருப்பினும், இயற்கை வாயுவை, குறிப்பாக, எண்ணெய் கசடைப் பயன்படுத்துவது பிற்காலத்தில் குறையக்கூடும். ஏனெனில், இயற்கை வாயு, பெட்ரோலியம், அதைக் காய்ச்சி வடிக்கையில் கிடைக்கும் பொருட்கள் ஆகியன மிக விலையுயர்ந்தனவாகும். அவற்றை உலை எரிபொருளாகப் (ஆற்றலை ஆக்குவதற்கான உலைகளில் எந்த ஒரு எரிபொருளையும் பயன்படுத்தலாம். ஆனல் அதேநேரத்தில் விமானம், கார், டிராக்டர் போன்றவற்றில் பயன்படுத்தப்படும் உள்ளெரி எஞ்சின்களில் ஒரு சிலவகை எரிபொருட்களையே பயன்படுத்த முடியும்) பயன்படுத்துவது என்பது பொருளாதாரக் கண்ணோட்டத்தில் அவ்வளவு சிறந்ததன்று. முற்றுநிலக்கரி சிறந்த உரமாகவும் மண்ணுக்கு

நன்மைபயப்பதாகவும் இருப்பதால் அதைப் பயன்படுத்துவதுகூட ஆண்டுக்கு ஆண்டு குறைந்து கொண்டேவருகிறது.

எரிபொருள் எரியும் பொழுது உண்டாகும் வெப்பத்தினுல் கொதிகலனிலுள்ள நீர் ஏறக் குறைய 550°Cல் நீராவியாக மாறுகிறது. இன்னும் அதிக வெப்ப நிலையில்கூட நீராவியைப் பெற முடியும். ஆனுல், அது இலாபகரமானதல்ல. உண்மையில், நீராவியின் ஆரம்ப வெப்பநிலையை அதிகமாக்குகையில் வெப்பமின்நிலையத்தின் பயனுறுதிறன் (Efficiency) அதாவது கிடைத்த மின்னுற்றலுக்கும் எரிபொருள் எரிவதனுல் உண்டாகும் வெப்பத்திற்கும் உள்ள விகிதம் அதிகமாகிறது. ஆனுல், நீராவியின் வெப்பநிலை 550°Cக்கும் அதிகமானுல் சாதனத்தின் முக்கியமான பாகங்களைச் (அவை அதிக வெப்பநிலையை,



நீராவி டர்பைனில் வெப்ப ஆற்றலை இயந்திர ஆற்றலாக மாற்றும் முறை
1 — டர்பைனுடைய சக்கரம்; 2 — வேலைத் தாள்கள்; 3 — தண்டு; 4 — குழாய்முகப்புகள்

அதிக இயந்திர பாரமிகுமையைத் (Mechanical load) தாங்க வேண்டியுள்ளன) செய்வதற்காக மிக உயர்தரமான, விலையுயர்ந்த எஃகுகளைப் பயன்படுத்த வேண்டிவரும். பயனுறுதிறனை அதிகமாக்கலாம். ஆனால் உலோகத்திற்கு ஆகும் அதிகமான செலவை ஈடு செய்ய முடியாது. ஆகவேதான், தற்பொழுது 550°C ஐயே நீராவியின் ஆரம்ப வெப்பநிலையாகப் பயன்படுத்துகின்றனர். அடிக்கடி 540°C கூடப் பயன்படுத்தப்படுகிறது.

கொதிகலனிலிருந்து நீராவியானது, நீராவி டர்பைனுக்கு வருகிறது. டர்பைன், நீராவியின் வெப்ப ஆற்றலை இயந்திர ஆற்றலாக மாற்றுவதற்கான சாதனமாகும். டர்பைனுடைய எல்லா இயங்கு பாகங்களும் தண்டுடன் (Shaft) விறைப்பாக இணைக்கப்பட்டு அதனுடன் சுற்றுகின்றன. டர்பைனுடைய தண்டும் மின்னாக்கியுடைய தண்டும் இணைக்கப்பட்டுள்ளன. நீராவி டர்பைனில் நீராவி இயந்திரங்களில் உள்ளது போல் பிஸ்டன் கிடையாது. ஆகவே, பிஸ்டன் இயந்திரங்களுக்கே உரித்தான கிராங்க் தண்டு (Crank shaft), இணைப்பு கோல் (connecting rod) ஆகியவற்றின் அவசியம் நீராவி டர்பைனுக்கு இல்லை. இதுவே நீராவி இயந்திரத்துடன் (பிஸ்டனுடைய) ஒப்பிடுகையில் நீராவிடர்பைனுடைய முக்கியமான மேம்பாடுகளில் ஒன்றாகும்.

டர்பைனில் நீராவியின் வெப்ப ஆற்றல்

பின்வருமாறு இயந்திர ஆற்றலாக மாற்றப் படுகிறது. (படத்தைப் பார்க்க). கொதிகலனி லிருந்து அதிக அழுத்தம், உயர் வெப்ப நிலை யிலான நீராவி டர்பைனின் குழாய்முகப்புகளை அடைகிறது. இக்குழாய்முகப்புகள், உலோகத் தாலான குழாய்களாகும் (அவை டர்பைனின் தண்டுடன் சுழலுவதில்லை). இக்குழாய்களின் வழியாக வரும்பொழுது நீராவியுடைய வெப் பநிலை மற்றும் அழுத்தம் குறைகிறது. அதாவது அதன் வெப்ப ஆற்றல் குறைகிறது. ஆனால் அதேநேரத்தில் நீராவி ஒழுக்கின் இயக்க வேகம் அதிகரிக்கிறது. இதை வேறு விதமாகச் சொன்னால், நீராவியின் வெப்ப ஆற்றல் குறை வதன் காரணமாக அதன் இயந்திர (இயக்க) ஆற்றல் அதிகமாகிறது.

அதிவேகத்துடன் (பெரும்பாலும் ஒலியின் வேகத்தைவிட அதிகமாக) நீராவித் தாரை இடையறாது குழாய்முகப்புகளிலிருந்து வெளி யேறி, டர்பைனுடைய வேலைத்தாள்களில் (blades) படுகிறது. இத்தாள்கள் தண்டுடன் விறைப்பாக இணைக்கப்பட்டுள்ள சக்கரத்தில் பொருத்தப்பட்டுள்ளன. தண்டு, சக்கரம், வேலைத் தாள்கள் ஆகியவை ஒன்றாகச் சுற்றுகின்றன. அவை பொதுவாக நிமிடத்திற்கு 3000 தடவைகள் சுற்றுகின்றன. பெரும்பாலான டர்பைன்களில் நீராவியுடைய வெப்பநிலை, அழுத்தம் ஆகியவை வேலைத்தாள்களில் மாறுவதில்லை. ஒரு சில டர்பைன்களில் அவை தொடர்ந்து குறைகின்

றன. நீராவி ஒழுக்கின் வேகமும் அதனது இயந்திர (இயக்க) ஆற்றலும் எப்பொழுதும் குறைகின்றன. இதில்தான் விஷயம் இருக்கிறது. வேலைத் தாள்களுக்கிடையே உள்ள பள்ளம் வளைவானது. அதன் வழியாக நீராவி ஒழுக்கு செல்லும்பொழுது அதன் வேகத்தின் கணியமும் திசையும் மாறுகிறது. மைய விலக்கு விசையின் காரணமாக, தாள்களின் குழிவான பரப்புகளில் நீராவி ஒழுக்கு அழுத்தத்தை ஏற்படுத்துகிறது. இதன் காரணமாக வேலைத் தாள்கள், சக்கரம், தண்டு ஆகியவற்ருலான சுழலி (Rotor) படத்தில் அம்புக்குறியிட்டுக் காட்டப்பட்டுள்ள திசையில் சுற்றுகிறது. அப்பொழுது நீராவி ஒழுக்கின் இயந்திர ஆற்றல் டர்பைனுடைய சுழலியின் இயந்திர ஆற்றலாக மாற்றப்படுகிறது. துல்லியமாகக் கூறப் போனல் டர்போமின்ஞக்கி (Turbogenerator) யுடைய சுழலியின் இயந்திர ஆற்றலாக மாற்றப்படுகிறது. ஏனெனில், டர்பைனுடைய தண்டும் மின்ஞக்கியுடைய தண்டும் ஒன்றுடன் ஒன்று இணைக்கப்பட்டுள்ளன.

வேலைத்தாளுடைய சுவர்களில் நீராவி ஒழுக்கு மோதுவதன் காரணமாகத்தான் சுழலி சுற்றுகிறது என்று நினைப்பது தவருகும். மாருக, கட்டமைப்பாளர்கள் (Designers) தாளுடைய சுவர்களின் மேல் நீராவி ஒழுக்கு அதிவேகத்துடன் மோதுவதை முழுவதும் தவிர்க்கவோ, குறைந்த பட்சம் மோதும் வேகத்தைக் குறைக்கவோ

பல வழிகளில் முயல்கின்றனர். ஏனெனில், மோதுதலின் விளைவாகவே பயனுறுதிறன் குறை கிறது.

வெப்ப மின்நிலையங்களுக்காகச் செய்யப்படும் அதிநவீன நீராவி டர்பைன்கள் முழுமையா னவை, வேகமாகச் சுழல்பவை, அதிக இலாப கரமானவை, மேலும் நீண்டகாலம் உழைப்பவை. அவற்றின் திறன் (டர்பைன் ஒரு தண்டுடை யதாக இருந்தால்) 1 மில்லியன் 200 ஆயிரம் கி. வாட்டாக உள்ளது. ஆனால், இதுதான் அதனுடைய எல்லை என்றில்லை. இத்தகைய டர்பைன்கள் எப்பொழுதும் பல அடுக்கு களானவை. அதாவது அவை, வேலைத்தாள்கள் பொருத்தப்பட்டுள்ள ஒரு சில சக்கரங்களைக் கொண்டிருக்கும். ஒவ்வொரு சக்கரத்திற்கு முன் பாகவும் குழாய்முகப்புகளடங்கிய தொகுதி பொருத்தப்படுகிறது. இக்குழாய்முகப்புகளின் வழி யாக நீராவி ஒழுக்கு செல்லும்பொழுது அதன் அழுத்தம், வெப்பநிலை ஆகியவை படிப்படி யாகக் குறைகின்றன.

மின்னாக்கியில் இயந்திர ஆற்றல் மின்னாற் றலாக மாற்றப்படுகிறது. நீராவி டர்பைனைக் கடந்த பின், அழுத்தம் குறைந்த (ஏறக்குறைய 0.04 பார் அழுத்தம் கொண்ட) 25°C வெப் பநிலையிலுள்ள நீராவியானது, , குளிர்ப்பியை (Condenser) அடைகிறது. குளிர்ப்பிக்குள் அமைந்திருந்திருக்கும் குழாய்களில் சுற்றியோடும் குளிர்ந்த தண்ணீரின் உதவியால் நீராவி தண்

ணீராக மாறுகிறது. இத்தண்ணீர் விசேஷ பம்பின் உதவியால் மீண்டும் கொதிகலனுக்கு அனுப்பப்படுகிறது. இப்பொழுது மீண்டும் மேற் கூறிய சுழற்சி (Cycle) துவங்குகிறது.

குளிர்விக்கும் தண்ணீரின் அளவு குளிர்விக் கப்படும் நீராவியின் அளவைவிட ஒரு சில பத்து தடவைகளாவது அதிகமாக இருக்க வேண்டும் என்பதை இங்கு குறிப்பிட வேண் டியுள்ளது. இதை நாம் ஒரு சுலபமான கணக் கீட்டைச் செய்வதன் மூலம் எளிதாகப் புரிந்து கொள்ளலாம். 1 கி.கி நீராவியைத் தண்ணீராக மாற்றுவதற்காக, குறைந்தபட்சம், ஆவியாதலின் உள்ளுறை வெப்பத்திற்குச் (Latent heat of Vaporisation) சமமான வெப்பத்தையாவது அதிலிருந்து வெளியேற்ற வேண்டும். இக் கணியம் 0.04 பார் அழுத்தமுடைய 1 கி.கி. நீராவிக்கு ஏறக்குறைய 600 கிலோகாலரியாக உள்ளது. நீராவியைக் குளிர்விக்கையில், 1 கி.கி குளிர்விக்கும் தண்ணீர் ஏறக்குறைய 10°C சூடேற் றப்படும் (குளிர் காலத்தில் ஓரளவு அதிகமாக, கோடைகாலத்தில் ஓரளவு குறைவாக). ஆகவே, 1 கி.கி குளிர்விக்கப்படவேண்டிய நீராவிக்குக் கிட்டத்தட்ட 60 கி.கி குளிர்விக்கும் தண்ணீர் தேவைப்படுகிறது.

இக்காரணத்தால்தான் வெப்ப மின்நிலையத் தைப் பெரிய நீர்த்தேக்கங்களுக்கு அருகே கட்டுகின்றனர். தற்பொழுது வெப்ப மின்நிலையங் களின் பொருளாதாரப் பயனுறுதிறன் (Econo-

mical efficiency), மற்றும் அவற்றின் பயனுறுதிறன் 0.4 அல்லது 40 % ஆக உள்ளது. இதன் பொருள் என்னவெனில் எரிபொருள் எரிக்கப்படுவதனால் கிடைக்கும் வெப்பத்தில் 40 % மட்டுமே மின்னாற்றலாக மாற்றப்படுகிறது. மற்ற 60 % வெப்பம் வீணாகிறது.

வெப்ப ஆற்றலின் சிறப்பியல்புகள். நம்மிடமுள்ள வெப்ப ஆற்றல் முழுவதையும் இயந்திர, மின்னாற்றல்களாகவோ வேறு ஆற்றல்களாகவோ மாற்ற முடியாது என்பதை அறிவியல் மற்றும் அனுபவம் உறுதிப்படுத்துகிறது. ஆனால் மற்ற ஆற்றல்களை எவ்வளவு வேண்டுமானாலும் வெப்ப ஆற்றலாக மாற்ற முடியும். இப்பொழுது ஒரு கேள்வி எழுகிறது. இதற்கான காரணம் என்ன? ஒருவேளை வெப்ப ஆற்றல் மற்ற ஆற்றல்களினின்று வெகுவாக வேறுபடுகிறதோ?

இக்கேள்விக்கு விடை அளிக்கையில் பிரான்சு நாட்டு அறிவாளியான சி. கார்னோ (1796 – 1832) என்பவரை நினைவு கூர்வோம். 1824ஆம் ஆண்டு அவர் ''தீயின் இயங்கு விசை மற்றும் அவ்விசையை உருவாக்க வல்ல இயந்திரங்களைப் பற்றிய சிந்தனைகள்'' என்ற அருமையான ஆராய்ச்சிக்கட்டுரையை எழுதினார். இக்கட்டுரையை அவர் தனது சொந்த செலவிலேயே வெளியிட்டார். அதில் அவர் இயந்திர ஆற்றலை வெப்பத்திலிருந்து பெறுவதற்கு வெப்பநிலை வித்தியாசம் இன்றியமையாதது என்ற முக்கியமான

கருத்தை வெளியிட்டார். சி. கார்னோ வெப்ப இயற்பாடுகளை (Phenomena) கலோரிக் கொள் கையின் அடிப்படையில் விளக்கினார். இக்கொள் கையின்படி வெப்பம் என்பது எடையற்ற, அழிக்கவோ மீண்டும் ஆக்கவோ முடியாத அனுமான திரவமாகும். இவ்வனுமான திரவம் ஒரு பொருளிலிருந்து இன்னொரு பொருளுக்குச் செல் லும் பொழுது வெப்பம் கடத்தப்படுகிறது என்பதை விளக்கினார். ஆகவேதான் இயந்திர ஆற்றலை உருவாக்கும்பொழுது பொருள் தன்னிடமி ருந்து கொடுக்கும் வெப்பமானது அது பெறும் வெப்பத்திற்குச் சமமாக இருக்கும் என அவர் கருதினார். வெப்பம், அதிக வெப்பநிலையிலிருந்து குறைந்த வெப்ப நிலைக்கு மாறுவதனாலேயே இயந்திர ஆற்றல் கிடைக்கிறது. இது, தண்ணீர் உயரமான இடத்திலிருந்து தாழ்ந்த இடத் தைநோக்கி ஓடுகையில் இயந்திர (இயக்க) ஆற்றலை உருவாக்குவதைப்போன்றதாகும்.

சி. கார்னோவின் கருத்துப்படி, வெப்பம் சூடான பொருளிலிருந்து அதைவிடச் சூடு குறைந்த பொருளுக்குத் தானாகவே செல்ல வல்லது. ஆனால் சூடு குறைந்த பொருளிலிருந்து அதைவிடச் சூடான பொருளுக்கு வெப்பம் கொடுக்கையில் இயந்திர ஆற்றலைப் பெற முடியாது. மாறாக, அதைச் செலவிட நேரிடும். தற்காலத்தில் இந்தச் செயல்முறைதான் (Process) குளிர் சாதனப் பெட்டிகளில் பரவலாகப் பயன்படுத் தப்படுகிறது.

கலோரிக்கொள்கை ஏற்கனவே நிராகரிக்கப் பட்டபோதுகூட சி. கார்ணேவின் கருத்துக்கள் வெப்ப இயக்கவியலின் இரண்டாம் விதியின் (Second Law of Thermodynamics) உட்கருவாக அமைந்து அறிவியலுக்குத் தொண்டுபுரிகின்றன. அவை வெப்ப எஞ்சின் கோட்பாட்டு வளர்ச்சிக்கு மிக முக்கிய பணியாற்றியதோடு தற்போதுகூட தம் முக்கியத்துவத்தை இழக்காமல் உள்ளன.

நவீன அறிவியல் கண்ணோட்டத்தின்படி, வெப்ப ஆற்றல் என்பது அணுக்கள் மூலக்கூறுகள் எலெக்ட்ரான்கள் போன்ற மிகச் சிறிய துகள் களின் மொத்த ஆற்றலாகும். வெப்ப ஆற்றலின் இயற்கையைப் பற்றிய இந்தப் புதிய கருத்து பருப்பொருளின் ஒழுங்கற்ற இயல்பமைப்பை (Discrete Structure of matter) அடிப்படை யாகக் கொண்டுள்ளது.

உதாரணமாக, வாயுவிலுள்ள மிக நுண்ணிய துகள்கள் ஒழுங்கின்றி தாறுமாறுக இயங்கிக் கொண்டிருக்கின்றன. அத்துகள்கள் ஒவ்வொன் றுடைய ஆற்றலானது அதன் வேகம் (துல்லி யமாகக் கூறினல் இயக்க ஆற்றல்), மற்ற துகள்களைச் சார்ந்த அதனது நிலை (துகளுடைய நிலையாற்றல்) ஆகியவற்றைக் கொண்டு வரை யறுக்கப்படுகிறது. ஆஸ்திரிய நாட்டு இயற் பியவாளரான எல். போல்த்மன் என்பவருடைய கருத்துப்படி இத்தகைய தாறுமாறுன இயக் கத்தின் பொதுவான ஒரேவிதி எந்த ஒரு விதிக்கும் கட்டுப்படாமல் இருப்பதே.

வாயுவிலுள்ள மிக நுண்ணிய துகள்களின் ஆற்றல்களைக் கூட்டி வாயுவின் வெப்ப ஆற்றலைக் கண்டுபிடிப்பது என்பது மிக மிகக் கடினமான ஒரு பணியாகும். குறிப்பாக, ஒரு கிராம் மூலக்கூறு (அதாவது வாயுவின் எடையானது (கிராமில்) அதன் மூலக்கூற்று எடைக்குச் சமமானதாகும்) ஏறக்குறைய 6.02×10^{23} மூலக் கூறுகளைக் கொண்டுள்ளது. இந்த எண்ணிற்கு (இத்தாலிய விஞ்ஞானியான அ. அவகாட்ரோ வைக் கௌரவிக்கும் பொருட்டு) அவகாட்ரோ எண் என பெயர் சூட்டப்பட்டது. இவ்வெண் அவ்வளவு பெரிதாக இருப்பதால் அதன் பிரமாண்டத்தைக் காட்டுவது என்பது மிகக் கடினமாகும். பூமியிலிருந்து சூரியன்வரையான தூரம் ஏறக்குறைய 150 மில்லியன் கி.மீ என வைத்துக்கொண்டு, அத்தூரத்தை மி.மீ ஆக்கினால் கிடைக்கும் எண் (1.5×10^{14} மி.மீ) அவகாட்ரோ எண்ணைவிட 4 பில்லியன் தடவைகள் குறைவானது என்பதைமட்டும் குறிப்பிடுவோம்.

மூலக்கூறுகளின் மிகச்சிறிய பரிமாணங்களையும், ஒரு கனஅளவிலுள்ள அவற்றின் பிரமாண்டமான எண்ணிக்கையும் விளக்குவதற்கு, ஆங்கிலேய அறிவியலாளரான உ. டாம்சன் (கெல்வின்) என்பவரால் கொடுக்கப்பட்ட ஒரு சிறந்த உதாரணத்தை இங்கு கொடுப்போம். அவர் கூறியதாவது: ஒரு டம்ளர் தண்ணீரை எடுத்து எப்படியாவது அதிலுள்ள எல்லா மூலக்கூறுகளை யும் அடையாளம் குறித்து அந்த டம்ளர்

தண்ணீரைச் சமுத்திரத்தில் ஊற்றி நன்கு கலக்கியபின் சமுத்திரத்தின் வேறு எந்தப்பகுதி யிலாவது மீண்டும் ஒரு டம்ளர் தண்ணீர் எடுத்தால் அதில் நாம் ஏற்கனவே அடையாளம் குறித்த மூலக்கூறுகள் ஏறக்குறைய 100 (துல்லி யமாகக் கூறினல் 90 — 110) இருக்கும்.

இருப்பினும், இந்தக் கடினமான பணியைத் தீர்க்க முடிந்தது. இது இயற்பியலின் முக்கிய பகுதியான, புள்ளிவிவர இயற்பியலின் (Statistical Physics) மிகப்பெரிய சாதனையாகும். புள்ளிவிவர இயற்பியலானது மிக அதிக (அவகாட்ரோ எண்ணை நினைவு கூறுவோம்) நுண் துகள்கள டங்கிய பொருளை ஆராய்கையில், பொருளுடைய ஒழுங்கற்ற இயல்பமைப்பை அடிப்படை யாகக் கொள்வதோடு நிகழ்தகவுக் கொள் கையின் (theory of Probability) விதிகளையும் பயன்படுத்துகிறது. ஆராயப்படும் பொருட்களின் (மூலக்கூறுகள், அணுக்கள்) எண்ணிக்கை எவ் வளவுக்கெவ்வளவு அதிகமாக உள்ளதோ அவ் வளவுக்கவ்வளவு ஆராய்ச்சியின் முடிவு துல்லி யமாக இருக்கும். ஆராயப்படவேண்டிய மாதிரி களின் எண்ணிக்கை ஏறக்குறைய அவகாட்ரோ எண்ணுக்குச் சமமாக இருந்தால் ஆராய்ச்சியின் முடிவு மிகவும் துல்லியமாக இருக்கும். இந்த ஆராய்ச்சி முடிவுகள், பல்வேறு முக்கியமான பிரச்சினைகளைத் தீர்க்கவும் வெப்ப ஆற்றல் மற்றும் வெப்ப செயல்முறைகளைப் பற்றிச் சரியாகப் புரிந்துகொள்ளவும் வாய்ப்பளிக்கின்றன.

வெப்ப இயக்கவியல் மற்றும் புள்ளிவிவர இயற்பியல் போன்ற அறிவியல்கள், மிகவும் நெருங்கிய, சில சமயங்களில் ஒரேமாதிரியான பிரச்சினைகளைப் பல்வேறு வழிகளில் தீர்க்கின்றன. இதுவே வெப்ப ஆற்றலானது மற்ற ஆற்றல் களிலிருந்து வேறுபடுகிறதா இல்லையா? என்ற வினாவுக்கு விடையளிக்க வாய்ப்பளிக்கிறது.

ஆம். வேறுபடுகிறது. வேறுபடுவதற்கான காரணம் என்னவென்றால் வெப்ப ஆற்றல் என்பது பொருளிலுள்ள துகள்களின் தாறுமாறான இயக்கத்தின் விளைவாகும். ஆனால், மற்ற ஆற்றல்களோ நுண் துகள்களின் முறையான இயக்கத்தின் விளைவாகும்.

நூறு வருடங்களுக்கு முன்னரே இயற்பியலின் அடித்தளமான ஆற்றலின் அழிவின்மை விதி உண்டாக்கப்பட்டிருந்தது. இவ்விதியின்படி ஆற்றலை அழிக்கவும் முடியாது, சூனியத்திலிருந்து ஆக்கவும் முடியாது. அதை ஒரு வகையிலிருந்து இன்னொரு வகைக்கு மாற்றதான் முடியும்.

தலைசிறந்த அறிவியலாளரும் இயற்பியலாளருமான அ. எயின்ஸ்டின் என்பவரால் 20ம் நூற்றாண்டின் தொடக்கத்தில் சார்புக் கோட்பாடு (Theory of Relativity) உருவாக்கப்பட்டது. அது, விசும்பு மற்றும் நேரத்தின் சிறப்பியல்புகளைப் பற்றிய புதிய கருத்துக்களை அளித்தது. குறிப்பாக, பொருளின் இயக்க வேகம் மாறும் பொழுது அதன் தூரம், இடை நேரம் ஆகியவை மாறுகின்றன என்றும் பொருளின் பொருண்மை

ஆற்றலுக்கு நேர்விகிதத்திலுள்ளது என்றும் காட்டியது. வேறு வார்த்தைகளில், ஆற்றலும் பொருண்மையும் நிகரொத்தவை என்பதை அ. எயின்ஸ்டின் நிரூபித்தார். இக்கருத்தை ஓரளவு எளிதாகக் கூறினுல், பொருள் அல்லது பொருட்களாலான தொகுதியின் பொருண்மை 1 கிராம் குறையும்பொழுது 9×10^{13} ஜூல் ஆற்றல் வெளிப்படுகிறது. இது 3000 டன் சம எரிபொருள் (1 கி.கி சமஎரிபொருள் (equivalent fuel) 7000 கி.காலரி வெப்பத்தை வெளியிட வல்லது — மொ-ர்) தரும் வெப்ப ஆற்றலுக்குச் சமமானதாகும்.

பெரும்பாலான மாக்ராஸ்கோபிக் செயல் முறைகளில் (Macroscopic Processes) பொருளுடைய பொருண்மை மாறுவதைக் கணக்கில் எடுக்காமல் விடலாம். ஆனுல் அணுக்கரு மாற்றங்களின்பொழுது அதைக் கணக்கிலெடுக்காமல் விடமுடியாது. அணுக்கருச் செயல் முறைகளை (Atomic Processes) ஆராயும் பொழுது ஒரு விசேஷமான கலைச்சொல் — பொருண்மை குறைபாடு (Mass defect) — பயன்படுத்தப்படுகிறது. இது அணுக்கரு மாற்றத்தில் (Nuclear reaction) பொருண்மை குறையும் பொழுது வெளியிடப்படும் ஆற்றல் அதிகரிக்கிறது என்பதைக் காட்டுகிறது.

அ. எயின்ஸ்டினுடைய சார்புக் கோட்பாடு விசும்பு, நேரம், ஈர்ப்பு ஆகியவற்றைப் பற்றிய ஐ. நியூட்டனின் கருத்துக்களை மேம்படுத்துவதாக

உள்ளது. வேகம் ஒளியின் வேகத்தைவிட (வெற்றிடத்தில் ஒளியின் வேகம் 300 000 கி.மீ / விஞடி என்பதை நினைவு கூறுவோம்) மிகக் குறைவாக இருக்கும் பொழுது அ. எயின்ஸ் டினல் உருவாக்கப்பட்ட புதிய இயக்க விதிகளா னவை, நியூட்டனின் விதிகளுடன் ஒத்துப் போகின்றன.

மற்ற ஆற்றல்களைப்போலவே வெப்ப ஆற்றலும் ஆற்றலின் அழிவின்மை விதிக்குட்பட்டுள்ளது.

இருப்பினும், நாம் ஏற்கனவே கூறியுள் ளபடி, வெப்ப ஆற்றலுக்கும் மற்ற ஆற்றல் களுக்கும் ஒரு முக்கியமான வேறுபாடு உண்டு. இவ்வேறுபாட்டிற்கான அடிப்படைக் காரணம் பொருளிலுள்ள நுண் துகள்களின் தாறுமாறான இயக்கமே ஆகும். ஒழுங்கான இயக்கத்தைத் தாறுமாறானதாக்குவதைவிட, தாறுமாறான இயக் கத்தை ஒழுங்குபடுத்துவது மிகவும் கடினமானது. எல்லா வகையான ஆற்றல்களும் எளிதாக, முழுவதும் வெப்ப ஆற்றலாக மாறக்கூடியவை. அதற்கு ஒரு சிறந்த எடுத்துக்காட்டு — எங்கும் இருக்கும் உராய்வேயாகும். ஆனல், வெப்ப ஆற்றலோ எப்பொழுதும் எந்தச் சந்தர்ப்பத் திலும் முழுவதும் வேறு ஆற்றல்களாக மாறு வதில்லை. வெப்ப ஆற்றல் மற்ற ஆற்றல்களாக மாறுவதற்கான சூழ்நிலைகளை வெப்ப இயக்கவியலின் இரண்டாவது விதி வரையறுக்கிறது.

வெப்ப இயக்கவியலின் முதல் விதியைத் தனது ஒரு பாகமாகக் கொண்ட ஆற்றலின்

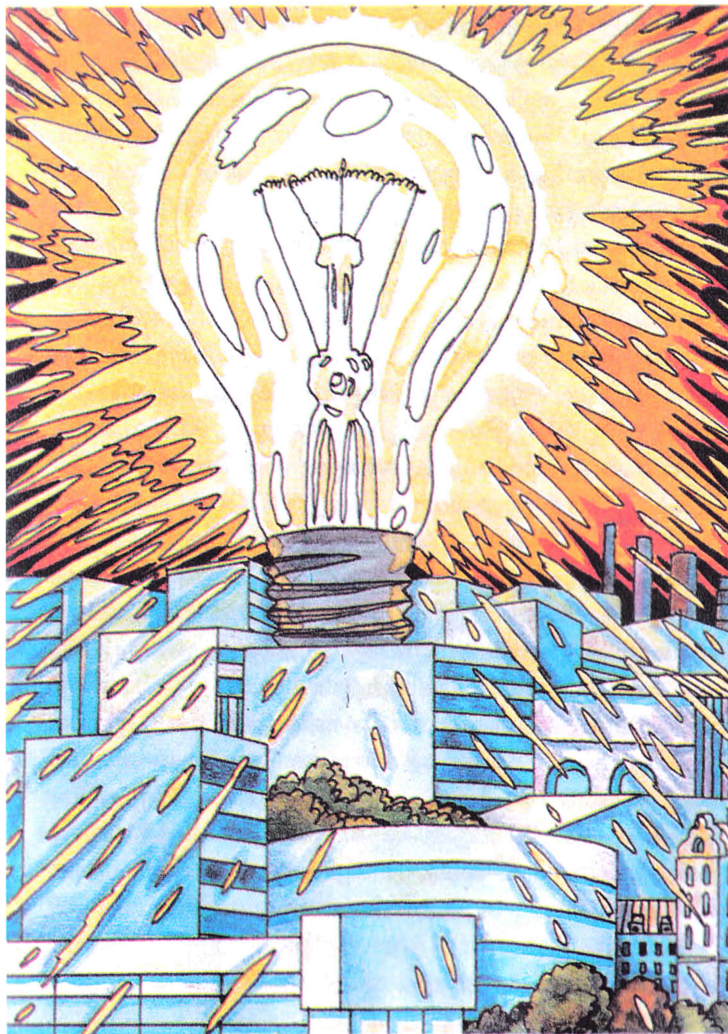
அழிவின்மை விதி எல்லா விதமான ஆற்றல் களும் ஒருவகையிலிருந்து இன்னொரு வகைக்கு மாறுவதை விளக்குகிறது. ஆற்றல் அழிவின்மை விதிசூத்திரமாக்கப்படுவதற்கு முன்னரே சி. கார்னோ வெப்ப இயக்கவியலின் இரண்டாவது விதியின் உட்கருவை ஏற்படுத்தினார். இது வெப்ப ஆற்றலின் முக்கியமான பண்பை விளக்குகிறது. மேலும் வெப்ப ஆற்றல் மற்ற ஆற்றல்களாக மாறுவதற்கான எல்லையை வரையறுக்கிறது.

வெப்ப ஆற்றலிலிருந்து இயந்திர ஆற்றலை இடைவிடாமல் பெறுவதற்கு மூன்று அம்சங்கள் தேவை என வெப்ப இயக்கவியல் கூறுகிறது: 1) அதிக வெப்பநிலையிலான வெப்பப் பொருள், 2) அதைவிடக் குறைவான வெப்பநிலையுடைய வெப்பப் பொருள், 3) வெப்ப ஆற்றலை இயந்திர ஆற்றலாக மாற்ற உதவும் சுழற்சியை இடைவிடாது செய்யக்கூடிய செயற்படு பொருள்.

செயற்படு பொருள் ஒவ்வொரு சுழற்சி முடிந்தவுடனும் தொடக்கத்திலிருந்த நிலைக்கு வருகிறது. எனவே, அதனால் இயந்திர ஆற்றலை உற்பத்தி செய்ய முடியாது. செயற்படு பொருள் எத்தனை சுழற்சிகளைச் செய்தாலும் சரி ஆரம்பப் புள்ளிகளில் அதனது நிலை மாறுவதில்லை. ஆகவே அது எப்பொழுதுமே ஒரு ஆற்றலை வேறு ஆற்றலாக மாற்ற உதவும் கருவியாகவே விளங்குகிறது. கொள்கை ரீதியில், ஆற்றலை மாற்றும் செயல்முறையின் பொருளாதாரப் பயனு

றுதிறனனது (Economic efficiency) செயற்படு பொருள் தேர்ந்தெடுப்பதைச் சார்ந்து அமைவதில்லே. ஆனல், நடைமுறையில் செயற்படு பொருளுடைய தன்மைகள் சுழற்சியின் பயனுறுதிறன்மீது வெகுவாக ஆதிக்கம் செலுத்துகின்றன. உள்ளெரி எஞ்சின்களில் (மோட்டார், விமானம், நீராவிக்கப்பல், நீராவி இரயில் எஞ்சின்) செயற்படு பொருளாக எரிபொருள் எரிவதனல் கிடைக்கும் வினைப்பொருட்களும் வெப்ப மின்நிலேயங்களில் நீராவியும் அதிக அளவில் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. கார்பானிக் அமிலம், ஹீலியம் (பொதுவாக அணுமின்நிலேயங்களில்) பிரேயோன் (Freon), அம்மோனியா (குளிர்சாதனப் பெட்டிகளில்) போன்றவை செயற்படு பொருளாக மிக அரிதாகவே பயன்படுத்தப்படுகின்றன. வெப்ப ஆற்றலிலிருந்து இயந்திர ஆற்றலே உற்பத்தி செய்யும் பிரதான உற்பத்தியாளன் செயற்படு பொருள் அல்ல. வெப்பப் பொருட்களே இவற்றை வெப்ப இயக்கவியலில் பொதுவாக வெப்பத் தோற்றுவாய்கள் என அழைக்கின்றனர்.

வெப்பத் தோற்றுவாய்கள் கண்டிப்பாக வெவ்வேறு வெப்பநிலேயைக் கொண்டிருக்க வேண்டும் என்று வெப்ப இயக்கவியலின் இரண்டாவது விதி கூறுகிறது. அவற்றில் ஒன்று அதிக வெப்பநிலேயையும் (வெப்பத் தோற்றுவாய்) இரண்டாவது குறைந்த வெப்பநிலேயையும் (குளிர் தோற்றுவாய்) கொண்டிருக்க



வேண்டும். ஒவ்வொரு சுழற்சியின் போதும் வெப்பத் தோற்றுவாயிலிருந்து செயற்படு பொருளுக்கு ஒரு குறிப்பிட்ட அளவு வெப்பம் கொடுக்கப்படுகிறது. அதேபோல குளிர் தோற்றுவாயிலிருந்தும் ஒரு குறிப்பிட்ட அளவு வெப்பம் கொடுக்கப்படுகிறது. ஆனால், இந்த வெப்பம் எப்பொழுதும் வெப்பத் தோற்றுவாயிலிருந்து கொடுக்கப்படும் வெப்பத்தைவிட குறைவாகவே உள்ளது. செயற்படு பொருள் ஒவ்வொரு சுழற்சி முடிந்தவுடனும் தனது ஆரம்ப நிலையை அடைவதால், ஒரு சுழற்சியின்பொழுது உண்டாக்கப்பட்ட இயந்திர ஆற்றலானது கண்டிப்பாக இவ்விரண்டு வெப்பநிலைகளுக்குமிடையேயுள்ள வேறுபாட்டிற்குச் சமமாக இருக்க வேண்டும். அதாவது வெப்பத் தோற்றுவாயிலிருந்து குளிர் தோற்றுவாயுக்குக் கொடுக்கப்பட்ட வெப்பத்திற்குச் சமமாக இருக்க வேண்டும். இவ்வாறு கூறுகையில் நாம் உராய்வு இன்னும் வேறு சில காரணங்களினால் ஏற்படும் வெப்ப இழப்புகளைக் கணக்கில் எடுத்துக் கொள்வதில்லை. இழப்பு எப்பொழுதும் இருப்பதால் நமக்கு உண்மையில் கிடைக்கும் இயந்திர ஆற்றல் எப்பொழுதுமே, இரண்டு வெப்பநிலைகளுக்குள்ள வித்தியாசத்திலிருந்து இழப்பைக் கழித்தால் கிடைக்கும் கணியத்திற்குச் சமமானதாக இருக்கும். இதுவே வெப்ப ஆற்றலிலிருந்து இயந்திர ஆற்றலை இடைவிடாது உற்பத்தி செய்வதற்கான செயல் முறையின் சூட்சமமாகும்.

நாம் மேலே கூறிய செயல்முறையின் பயனுறுதிறனனது முதலில், வெப்பத் தோற்றுவாய்களின் வெப்பநிலேகளேச் சார்ந்துள்ளது. பயனுறுதிறனே அதிகரிப்பதற்காகச் வெப்பத் தோற்றுவாயின் வெப்பநிலேயை எவ்வளவு அதிகமாக எடுக்க முடியுமோ அவ்வளவு அதிகமாகவும் குளிர் தோற்றுவாயின் வெப்பநிலேயை எவ்வளவு குறைவாக எடுக்க முடியுமோ அவ்வளவு குறைவாகவும் எடுக்க வேண்டும். குளிர் தோற்றுவாயைத் தேர்ந்தெடுப்பதில் நமக்குப் பிரச்சினேயில்லே. எப்பொழுதுமே நம்மைச் சுற்றியுள்ள சுற்றுப்புறச் சூழ்நிலே — தண்ணீர், காற்று குளிர் தோற்றுவாயாகப் பயன்படுத்தப்படலாம். வெப்பத் தோற்றுவாயாக, சூரிய ஆற்றல் அல்லது பூமிக்கு அடியே மிக ஆழமான இடங்களில் அமைந்திருக்கும் படலங்களிலிருந்து வெளிவரும் வெப்பம் தேர்ந்தெடுக்கப்படலாம். ஆனல், தற்காலத்தில் செயற்கை வெப்பத் தோற்றுவாய்கள் அதிகமாகப் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. அவை, அங்கக எரிபொருளே எரிப்பதனல் கிடைக்கும் வெப்பத்தையோ அணு உலேயில் நடைபெறுகின்ற கட்டுப்படுத்தப்படும் அணுக்கரு மாற்றங்களினல் (Controlled Nuclear reaction) உண்டாகும் வெப்பத்தையோ பயன்படுத்துகின்றன. அங்கக எரிபொருளே எரிப்பதன் , மூலம் 3000°C வரையான வெப்பநிலேயைப் பெற முடியும். ஆனல், அணுக்கரு மாற்றங்களின் பொழுது கிடைக்கும் வெப்பம் மிக மிக அதிகமானதாகும்.

கொள்கை ரீதியில், செயல்முறையின் பயனுறுதிறனை அதிகரிக்க ஆரம்ப வெப்பநிலையை அதிகரிப்பது எப்பொழுதுமே இலாபகரமானது. ஆனால், நடைமுறையில், ஆரம்ப வெப்பநிலையை அதிகரிப்பதற்கும் ஒரு எல்லை உண்டு. இந்த எல்லை பொருட்களின் உண்மையான தொழில் நுட்ப வாய்ப்புக்கள், அவற்றின் விலைகள் ஆகியவற்றினால் வரையறுக்கப்படுகின்றன. நம்மிடம் 400 K (127°C) அளவுள்ள வெப்பநிலையைக் கொண்ட வெப்பத் தோற்றுவாய், 300 K (27°C) வெப்பநிலையைக் கொண்ட குளிர் தோற்றுவாயாகக் கருதப்படும் ஊடகம் ஆகியவை இருந்தால் *1* ஜூல் வெப்ப ஆற்றலிலிருந்து *0.25* ஜூல் இயந்திர ஆற்றலைப் பெற முடியும். ஆனால் வெப்பத் தோற்றுவாயின் வெப்பநிலை 1000 K (727°C) என இருக்கும்பொழுது *1* ஜூல் வெப்ப ஆற்றலிலிருந்து *0.7* ஜூல் இயந்திர ஆற்றலைப் பெற முடியும். இப்பொழுது வெவ்வேறு வெப்பநிலையிலான இரண்டு வெப்பத் தோற்றுவாய்கள் இல்லை எனில் நம்மால் இயந்திர ஆற்றலை உற்பத்தி செய்ய முடியாது.

வெ.மி.நி வளர்ச்சிக்கான சாத்தியக்கூறுகள். வெப்ப மின்நிலையத்தின் வெற்றிகரமான வளர்ச்சிக்குத் தேவையான ஒருசில கேள்விகளுக்குத் தீர்வுகாண்பது மிக முக்கியமானதாகும். நீராவியின் ஆரம்ப வெப்பநிலையை (540°C – 813 K) உயர்த்துவதன் மூலம் வெ.மி.நி பயனுறுதிறனை

அதிகரிக்கலாம். ஆனுல், நீராவியின் ஆரம்ப வெப்பநிலையை உயர்த்துவதற்கு, நீடித்து உழைக்கக்கூடிய, அதிக வெப்பநிலை மற்றும் அதிக இயந்திர பாரமிகுமையில் (நீராவி டர்பைனின் வேலைத்தாள்கள்) நம்பகமாக வேலை செய்யக்கூடிய, விலைமலிவான (இது முக்கியமாகும்) பொருட்கள் (உலோகங்கள்) தேவை. ஆகவேதான் உயர்தரமான அதேசமயத்தில் மலிவான பொருட்களை உருவாக்கும் பணி, அவ்வளவு முக்கியத்துவம் வாய்ந்ததாகக் கருதப்படுகிறது.

வெப்ப மின் நிலையங்களில் பயன்படுத்தப் படும் கொதிகலன்களைச் சூடேற்றுவதற்கான உலைகளில் எந்த எரிபொருள் எரிக்கப்படுகிறது என்பது குறித்து நமக்கு அக்கறையில்லாமலில்லை. அவற்றில் மலிவான, பற்ருக்குறையில்லாத எரிபொருளைப் பயன்படுத்துவதே இலாபகரமானதாகும். எனவேதான் நிலக்கரி, மாக்கல் போன்றவை அதிகமாக எடுக்கப்பட்டு பயன்படுத்தப்படவேண்டும்.

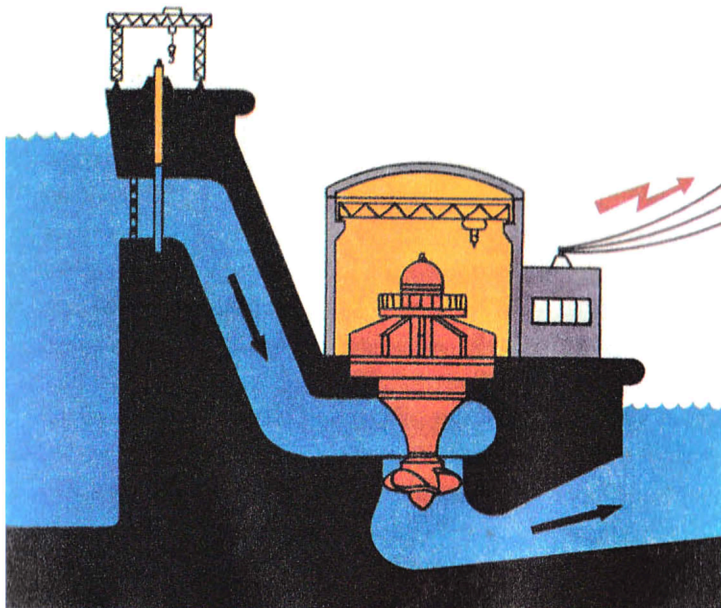
அங்கக எரிபொருள் வேறு சில மிக அவசியமான பொருட்களைப் பெறுவதற்கான கச்சாப் பொருளாக இருப்பதனுல் அதைத் தனியாக உபயோகிக்காமல் எதனுடனுவது சேர்த்து உபயோகிப்பது மிகச் சிறந்ததாகும்.

சோவியத்து யூனியனில் வெப்ப மின் கேந்திரங்களை (வெ.மி.கே) உருவாக்குவதில் வெற்றியடைந்துள்ளனர். வெப்ப மின் கேந்திரம் சாதாரண வெப்ப மின் நிலையத்திலிருந்து

வேறுபடுகிறது. இவை மின்னூற்றல் கொடுப் பதோடு வெப்பத்தையும் அளிக்கின்றன. அதாவது வெ.மி. கேந்திரத்தில் மின்னூற்றலும் வெப்பமும் ஒருங்கே உருவாக்கப்படுகின்றன. இது மிகவும் இலாபகரமானதாகும். வெப்பம் பெறுவதற்கு அதாவது அறையைக் கதகதப்பாக்குவதற்கு மட்டும் எரிபொருள் எரிக்கப்படுகிறது என்று வைத்துக்கொள்வோம். அப்பொழுது ''வெப்பநிலை மட்டமானது'' ஏறக்குறைய 1500°C லிருந்து 100°C வரையாக மாறுகிறது. அதாவது எரிபொருள் எரிக்கப்படும்பொழுது கிடைக்கும் வெப்பநிலைக்கும் அறையைக் கதகதப்பாக்குவதற்குத் தேவையான வெப்பநிலைக்கும் இடையிலான வெப்பம் பயன்படுத்தப்படுவதில்லை. வெப்ப ஆற் றலானது வீணாக்கப்படுகிறது. இந்த வெப்பநிலை இடைவெளியை அதாவது 1000°C க்கு மேலான வெப்பநிலையிலிருந்து ஏறக்குறைய 100°C வரை யான வெப்பநிலையை இயந்திர ஆற்றலைப் பெறுவதற்கும் அதற்குக் கீழுள்ள வெப்பநிலையை அறையைக் கதகதப்பாக்குவதற்கும் பயன்படுத் துவது மிக இலாபகரமானதாகும். உண்மையில், 1500°C லிருந்து 30°C வரை இயந்திர ஆற்றலைப் பெற முடியும். 30°C வெப்பநிலையானது மிகக் குறைவான காரணத்தினால் அதை அறையைக் கதகதப் பாக்குவதற்குப் பயன்படுத்தமுடியாது. ஆகவே அதை இன்னும் 70°C அதிகரிக்க வேண்டியது இன்றியமையாததாகிறது. இதனால் உண்மையில்

கிடைக்கக்கூடிய இயந்திர ஆற்றலின் அளவு குறைகிறது.

வெப்ப மின் கேந்திரம் வெப்ப மின்நிலையத் துடன் ஒப்பிடுகையில் பன்மடங்கு இலாபகர மானது. வெப்ப மின்நிலையத்தின் பயனுறு திறன் கிட்டத்தட்ட 40 % ஆகும். ஆனால், வெப்ப மின் கேந்திரத்தின் எரிபொருள் உபயோகக் காரணியோ (Utilization factor) 60 — 70 % ஆக உள்ளது. அதாவது வெப்ப மின்நிலையத்தின் பயனுறுதிறனைவிட 1.5 — 1.7



நீர்மின்நிலையத்தின் விளக்கப்படம்.

தடவை அதிகமானது. சோவியத்து யூனியனிலுள்ள வெப்ப மின் கேந்திரங்களின் மொத்த திறன் 50 மில்லியன் கி. வாட்டுக்கும் மேலாக உள்ளது. வெப்ப மின் கேந்திரங்களை அமைப்பதில் இத் தகைய வளர்ச்சியை உலகிலுள்ள வேறு எந்த நாடும் அடையவில்லை. வருங்காலத்தில் ஆற்றல் உற்பத்தியை அதிகரிக்க வெப்ப மின் கேந்திரங் களை அதிகமாகக் கட்டி அவற்றின் தொழில் நுட்பத் தரம், பொருளாதார பயனுறுதிறன் ஆகியவற்றை அதிகரிக்க வேண்டும். மேலும் அணு மின் கேந்திரங்களை உருவாக்க வேண் டும்.

கடைசியாக, இன்னுமொரு பிரச்சினையைப் பார்ப்போம். அது மின்நிலையங்களின் ஒழுங்கற்ற வேலைச்சுமை (loading) குறித்தது. சாதனங்கள் இரவு நேரத்தை விடப் பகல் நேரத்தில் அதிகமாக மின்னாற்றலைப் பயன்படுத்துகின்றன என்பது எல்லோருக்கும் தெரியும். வாரத்தில் வேலை நாட்கள் ஓய்வு நாட்களைவிட அதிகமாக இருப்பதனால் வேலைநாட்களில் அதிகமாக மின்னாற் றல் தேவைப்படுகிறது. அதேபோல கோடை காலத்தைவிடக் குளிர்காலத்தில் மின்னாற்றல் அதிகமாகப் பயன்படுத்தப்படுகிறது (வேறுபாடு பல பத்து சதவீதங்களாக உள்ளது). ஆகவே, முதலாவதாக, மின்னாற்றல் அதிகபட்சம் பயன் படுத்தப்படும் நேரங்களில் இடைவிடாது மின் சாரம் அளிக்கப்பட வேண்டும் (1கி. வாட்·மணி மின்னாற்றலின் அடக்க விலை ஏறக்குறைய

1 கோப்பெக் ஆக இருக்கும்பொழுது, மின்னூற்றலை உபயோகிக்கும் சாதனங்களுக்கு உரிய நேரத்தில் மின்சாரம் கொடுக்கப்படவில்லை என்றால் ஏற்படும் இழப்பானது கணக்கீடுகளின்படி 1 கி. வாட்·மணி மின்னூற்றலுக்கு 4 கோப்பெக்குகளாக உள்ளது). இரண்டாவதாக, மின்னூற்றல் குறைவாகப் பயன்படுத்தப்படும் நேரங்களில் மின்நிலையத்தி லுள்ள இயந்திரத்தின் வேலைச்சுமை குறை வதை அனுமதிக்கக்கூடாது. ஏனெனில், இவ்வாறு வேலைச்சுமை திடீரென குறைக்கப்படுவதால் அந்த இயந்திரத்தின் வேலைக்காலம் வெகுவாகக் குறையும்.

இதுபோன்ற கடினமான பிரச்சினைகளைத் தீர்ப்பதற்காக, தனது வேலை வேகத்தை எளிதாக மாற்றியமைக்கக்கூடிய சாதனங்களை உருவாக்க வேண்டும் [அதிவிரைவாக, விரைவாக வேலைசெய்யும் சாதனங்கள், குறிப்பாக, நீர் சேமிக்கும் மின்நிலையம் (Hydroaccumulating electrostation), வாயு சேமிக்கும் வாயு டர் பைன் (gas accumulating gas turbine)]; மின்நி லையத்தின் பிரதான இயந்திரத்தின் வேலைவேக மாற்று திறனை அதிகரிக்கவேண்டும்; ஆற்றல் சேமிப்பான்களை (Energy accumulators) உருவாக்கவேண்டும்; மின்னூற்றலைச் சேமிக்க வேண்டும்.

நீர் மின்நிலையம் (நீ.மி.நி). நீர் மின்நிலையத்தின் விளக்கப்படம் காட்டப்பட்டுள்ளது. அதன் வேலைத்

தத்துவம் எளிதானதும் நன்ருகத் தெரிந்ததும்கூட. நீர் மின்நிலையத்திற்கு நதிகளின் ஆற்றல் பயன்படுத்தப்படுகிறது. நீ.மி.நித்தின் மிக முக்கிய பாகமான அணைக்கட்டின் உதவியால் நீர்மட்டத்தில் வேறுபாடு ஏற்படுத்தப்படுகிறது. தண்ணீர் மேல்மட்டத்திலிருந்து கீழ்நோக்கி விசேஷ குழாய்கள் — டர்பைன் குழாய்கள் (படத்தைப் பார்க்க) மூலமாகவோ அணைக்கட்டில் ஏற்படுத்தப்பட்டுள்ள பள்ளங்களின் வழியாகவோ வரும்பொழுது அதிவேகத்தைப் பெறுகிறது. பிறகு தண்ணீர் தாரை நீர் டர்பைனுடைய தாள்களில் படுகிறது. தண்ணீர் தாரையின் மையவிலக்கு விசையின் விளைவாக நீர்டர்பைனுடைய சுழலிசுற்றுகிறது. நீராவிடர்பைன்களைப்போலவே, நீர்டர்பைன்களிலும் தாள்களின் சுவர்களின் மேல் தண்ணீர் தாரை அதி வேகத்துடன் மோதுவதைத் தவிர்க்கவும் மோதும் வேகத்தை ஓரளவு குறைக்கவும் ஏற்பாடுகள் செய்யப்பட்டுள்ளன.

அங்கக எரிபொருளை ஒப்பிடுகையில் நீராற்றல் அளவில் மிக அதிகமானது. ஆகவேதான் வல்லுனர்கள் அதை மீண்டும் ஆற்றலை உருவாக்கத் தேர்ந்தெடுத்தனர். பூமியிலுள்ள மற்ற பிற ஆற்றல்களைப்போலவே நீராற்றலும் சூரியனிலிருந்து தோன்றியதே. சூரிய ஆற்றலின் உதவியால்தான் தண்ணீர் சுழற்சி (Cycle) நடைபெறுகிறது. பூமியின் முழு நீர் வளமானது வருடத்திற்கு ஏறக்குறைய 10^{15} கி. வாட்·மணி (1000 டிரிலியன் கி. வாட்·மணி) எனக் கருதப்படுகிறது.

இது ஏறக்குறைய வருடத்திற்கு 300 பில்லியன் டன் சம எரிபொருளுக்கு (Equivalent fuel) *ஒப்பானதாகும். அதாவது தற்பொழுது உலக நாடுகள் பயன்படுத்தும் எல்லா ஆற்றல் வளங் களைவிட இது 30 மடங்குகள் அதிகமானது. ஆனால், பூமியில் உண்மையாகப் பயன்படுத்த வாய்ப்புள்ள நீர்வளம் அவ்வளவு அதிகமல்ல. இருப்பினும், இந்த எண்கூட மிகப்பெரியதே — வருடத்திற்கு 10 பில்லியன் டன் சம எரிபொருளாகும் (இது ஏறக்குறைய தற்பொழுது உலகத்தில் பயன்படுத் தப்படும் மொத்த ஆற்றலுக்குச் சமமானது). தற்பொழுது உலகில் வேலைசெய்யும் எல்லா நீர் மின்நிலையங்களுடைய மொத்த திறன் ஏறக் குறைய 500 மில்லியன் கி.வாட் ஆகும். ஆகவே, நீர் மின்நிலையங்களுக்கு நல்ல எதிர்காலம் உண்டு.*

அதிக நீர் வளமுடைய சோவியத்து யூனி யனில் (உலகத்தின் நீர்வளத்தில் 12%) பரவலாக நீர் மின்நிலையங்கள் கட்டப்பட்டு வருகின்றன.

நீர் மின்நிலையங்கள் மின்சாரம் எடுப்பதற்கு மட்டுமல்லாமல் நதி வழியான கப்பல் போக்கு வரத்து, விவசாயம், மீன் வளர்ப்புத் தொழில் ஆகியவற்றிற்கும் உதவுவதால் அவற்றை அதி கமாகக் கட்டுவது மிகவும் இலாபகரமானது.

அணு ஆற்றலியலின் இயற்பியல் அடிப்படைகள்.

20ம் நூற்றாண்டில் நடந்த மாபெரும் நிகழ்ச்சிகளில் ஒன்று அணு சக்தியைக் கண்டுபி

டித்து அதைப் பயன்படுத்தியதே ஆகும். ஆனுல் துரதிருஷ்டவசமாக, இந்த மகத்தான கண்டுபிடிப்பு அமைதிப் பணிகளுக்கு மட்டுமல்லாமல் இராணுவ நோக்கத்திற்காகவும் பயன்படுத்தப்பட்டது. *1945* ஆம் ஆண்டு ஆகஸ்டு *6, 9*தேதிகளில் ஹிரோஷிமா, நாகசாகி என்ற ஜப்பானிய நகரங்களின் மேல் அமெரிக்க அணுகுண்டு வெடித்த செய்தி கிட்டிய பின்தான் மனித வரலாற்றின் மிக அற்புதமான அறிவியல் சாதனைகளில் ஒன்ருன இதை பெரும்பாலான உலக மக்கள் அறிந்தார்கள் என்பது வருந்தத் தக்கது.

1938 ஆம் ஆண்டு ஜெர்மனி நாட்டைச் சேர்ந்த விஞ்ஞானிகளான ஓ. கானும் பெ. ஸ்தராஸ்மானும் யுரேனியத்தின் மேல் நியூட்ரான்கள் மோதுவதன் விளைவாகக் கார மண் தனிமங்களுடைய (Alkaline — earth elements) அணுக்கருக்கள் (உதாரணமாக, பேரியம்) உண்டாகின்றன என்பதைக் காட்டினர். இதைத் தொடர்ந்து, ஆஸ்திரிய இயற்பியலாளர்களான எல். மயித்னரும் ஓ. பிரிஷீம் அணு எடை *235* (U^{235}) கொண்ட யுரேனிய ஐசோடோப்பின் அணுக்கருநியூட்ரானின் விளைவாக இரண்டாகப் பிரிகிறது என்பதை நிலைநாட்டினர். இந்த இயற்பாட்டிற்கு அவர்கள் அணுக்கரு பிரிதல் (உயிரணு பிரிதலைப் போன்றது) எனவும் பெயரிட்டனர். *1940* ஆம் ஆண்டு சோவியத்து விஞ்ஞானிகளான கெ. என். பிளேரவும் கெ. அ.

பெதர்ஜாக்கும் தன்னியல் சிதைவை (Spontaneous fission) அதாவது வெளியிலிருந்து எந்தவிதமான வினையாற்றுதலுமின்றி அணுக் கருடைய கருக்கள் தாளுகவே பிரிகின்றன என்பதைக் கண்டுபிடித்தனர். இது அணுக்கருக் களின் கதிரியக்கச் சிதைவின் (Radioactive disintegration) ஒரு வகையாகும்.

அதிக அணு எடை கொண்ட தனிமங்களின் (யுரேனியம், புளூடோனியம், தோரியம்) அணுக் கருக்களைப் பிரிக்கையில், மாற்றத்திற்கு முன்புள்ள அணுக்கருவின் பொருண்மை, அணுக்கரு மாற் றத்தின் விளைவாகக் கிட்டிய வினைப்பொருட் களின் பொருண்மையை விடச் சற்று அதிகமாக உள்ளது. இங்குதான் நாம் பொருண்மை குறைபாட்டைச் சந்திக்கிறோம். ஆகவே, கனமான அணுக்கருக்களைப் பிரிக்கையில் அதிக ஆற்றல் வெளிப்படுகிறது.

கனமான அணுக்கருவைப் பிரிக்கையில் வெளி யிடப்படும் நியூட்ரான்களின் எண்ணிக்கை ஒன் றுக்கு மேலாக இருக்க வேண்டியது மிக முக்கி யமாகும். உதாரணமாக, வேகம் குறைந்த அல்லது வெப்ப நியூட்ரான்கள் என அழைக் கப்படும் நியூட்ரான்களுடைய மோதலின் விளை வால் U^{235} அணுக்கரு பிரிகையில் இரண்டு அல்லது மூன்று நியூட்ரான்கள், வெளியிடப் படுகின்றன (சராசரியாக 2.46 புதிய நியூட்ரான் கள் தோன்றுகின்றன). இது சங்கிலித்தொடர் அணுக்கரு மாற்றம் (Chain reaction) ஏற்பட

வாய்ப்பளிக்கிறது. அணுக்கரு பிரிகையில் உருவாகும் நியூட்ரான்களின் இழப்பு குறைவாக இருப்பதற்கான வழிகளை மேற்கொள்ள வேண்டும்.

தாதுப்பொருளிலிருந்து கிடைக்கப்பெற்ற இயற்கை உலோக யுரேனியம் அனேகமாக இரண்டு ஐசோடோப்புகளாலானது (U^{238}, U^{235}). U^{235} தற்காலத்திய அணு ஆற்றலியலின் அடித்தளமாக உள்ளது. அதன் அணுக்கரு நியூட்ரான் மோதுவதன் விளைவாக ஏராளமான வெப்பத்தை வெளியிடுவதோடு இரண்டு, மூன்று நியூட்ரான்களையும் வெளிவிடுகிறது. இந்த நியூட்ரான்கள் அணுக்கரு மாற்றம் தொடர வழிவகுக்கின்றன. *1* கி.கி. U^{235} பிரிக்கப்படும்பொழுது வெளிப்படும் ஆற்றல் (வெப்ப ரூபத்தில்) 1.9×10^{10} கி. காலரி அல்லது 2.22×10^{7} கி. வாட்·மணிக்குச் சமமானதாக உள்ளது. *1* கிலோகிராம் சம எரிபொருள் *7000* கி. காலரி வெப்பத்தை வெளியிட வல்லது என்பதை நினைவு கூர்ந்தால் எளிதாகக் கணக்கிடலாம்: *1*கி.கி U^{235} என்பது 2.7×10^{6} கி.கி சம எரிபொருளுக்குச் சமமாகும். இதை வேறு மாதிரி கூறினால் *1* கிராம் U^{235} என்பது *2.7* டன், சம எரிபொருள் தரும் ஆற்றலுக்குச் சமமாகும். ஆகவேதான் *1* மில்லியன் கி. வாட் மின் திறன் கொண்ட அணு மின்நிலையமானது, உண்மையான இழப்புகளைக் கணக்கில் எடுத்துக்கொண்டால்கூட, ஒரு நாளைக்கு *3* கி.கி அணு எரிபொருளைமட்டுமே செலவிடுகிறது.

ஆனால், இயற்கையிலுள்ள உலோக யுரேனி

யத்தில் U^{235} 0.7 % மட்டுமே உள்ளது. மீதியுள்ள 99.3 % U^{238} ஆகும்.

U^{238} வின் முக்கியத்துவம்தான் என்ன? யுரேனியத்தின் இந்த ஐசோடோப்பு பயனுள்ள முறையில் உபயோகிக்கப்படலாமா? ஆம். உப யோகிக்கப்படலாம். ஆனால் அதை உபயோ கிப்பதற்கான செயல்முறை U^{235} ஐவிடச் சிக்கலானதும் இன்னும் முழுமையாகத் தேர்ச்சி பெருததும்கூட. அதன் காரணம் பின்வருமாறு. அணு ஆற்றலியல் ஒன்றிலிருந்து ஒன்று கணி சமான அளவு வேறுபடும் இரண்டு வகையான நியூட்ரான்களைப் பயன்படுத்துகிறது. முதல் வகை அதிக ஆற்றல் கொண்ட அல்லது வேக நியூட்ரான்கள் என்று அழைக்கப்படுபவை. இரண்டாவது வகை குறைந்த ஆற்றலுடைய அதாவது வேகம் குறைவான அல்லது வெப்ப நியூட்ரான்கள் எனப் பொதுவாக அழைக்கப்படுபவை. அணுக்கரு பிரியும்பொழுது ஏற்படும் கதிரியக்கத்தின் விளைவாக வேக நியூட்ரான்கள் தோன்றுகின்றன. அப்பொழுது பொருண்மை குறைபாட்டின் விளைவாக மிக அதிக வெப்பம் வெளியிடப்படுகிறது. வேக நியூட்ரான் U^{238} வின் அணுக்கருவில் மோதுகை யில் U^{238} பிரியாமல் 239 அணு எடை கொண்ட புளுடோனிய அணுக்கருவாக மாறுகிறது (Pu^{239}). Pu^{239} அணுக்கரு நியூட்ரான்கள் மோதும்பொழுது பிரிய வல்லது. ஒரு வார்த்தையில் கூறினல் Pu^{239} தனது ஆற்றல் இயல்புகளில் U^{235} வை

ஒத்துள்ளது. ஆனால் வெப்பம் வெளியிடுவதிலோ U^{235} ஐயும் மிஞ்சிவிடுகிறது. அதிவிரைவாகச் சிதைந்துவிடுகிற காரணத்தால் (பாதிச் சிதைவுக் காலம் (Half-life period) — 2.4×10^4 வருடங்கள்) இயற்கையில் புளூடோனியம் இருப்பதில்லை. அது மனிதனால் செயற்கையாக உண்டாக்கப்பட்ட தனிமமாகும்.

U^{238}, Pu^{239} ஆக மாறும் செயல்முறையின் பயனுறுதிறனானது, பெருக்க விகிதம் (Breeding ratio) என அழைக்கப்படுகிறது. இதுவேறொன்றுமல்ல. புதிதாகத் தோன்றிய புளூடோனியத்தின் அளவிற்கும் செலவிடப்பட்ட அணு எரிபொருளின் அளவிற்குமுள்ள விகிதமாகும். U^{238} அணுக் கருக்களை வேக நியூட்ரான்களைக் கொண்டு மோதுகையில் கிடைக்கும் பெருக்க விகிதம் ஒன்றுக்கு அதிகமாக அதாவது 1.4 லிருந்து 1.5 வரையாக உள்ளது. இதன் பொருள் என்னவெனில், முழு U^{238} வும் Pu^{239} ஆக மாற்றப்பட முடியும்.

வேக நியூட்ரான்களைப் பயன்படுத்துவது மிகவும் இலாபகரமானதாகும். ஏனெனில் இது இயற்கையிலுள்ள எல்லா யுரேனியத்தையும் குறிப்பாக, யுரேனியத் தாதுவில் அதிக அளவிலுள்ள U^{238} ஐப் பயன்படுத்த வாய்ப்பளிக்கிறது. இருந்தாலும். வேக நியூட்ரான்களைப் பயன்படுத்துவதில் பெரும் இடர்ப்பாடுகள் உள்ளன. அவற்றை ஆற்றல் இழப்பிலிருந்து காக்க வேண்டும்; வேகம் குறையாதபடி பார்த்துக்

கொள்ள வேண்டும்; நியூட்ரான் பெருக்கின் செறிவை அதிகமாக்க வேண்டும்; அதே நேரத்தில் அச்செறிவு மிகுந்த நியூட்ரான் ஒழுக்கிலிருந்து 'காப்பீடு' செய்துகொள்ள வேண்டும்.

வேக நியூட்ரான்களின் வேகம் குறையாமலிருக்க வேண்டுமென்ருல் அவையுள்ள பகுதியில் அவற்றின் ஆற்றலைக் குறைக்கக்கூடிய, அவற்றைச் சிறிதளவாயினும் உட்கொள்ளக்கூடிய பொருட்களை உபயோகிக்கக்கூடாது. இக்காரணத்திஞல்தான் நல்ல குளிர்ப்பியும் நியூட்ரான்களின் வேகத்தைத் தீவிரமாகக் குறைக்கும் சாதாரணதண்ணீருக்குப் பதிலாக, அதைவிட குறைவாக நியூட்ரான்களை உட்கொள்ளும், வேகத்தைக் குறைக்கும் திரவ சோடியம் பயன்படுத்தப்படுகிறது. இந்த மாற்றீடானது தொழில்நுட்ப வாய்ப்புகளின்படி சாத்தியமானது. ஆஞல் இது பிரச்சினையைத் தீர்ப்பதாக இல்லை.

செறிவு மிக்க நியூட்ரான் பெருக்கிலிருந்து காப்பீடு செய்து கொள்வதற்கு முன்ஞல் பொருளறிவியல் சம்பந்தப்பட்ட (material Science) சிக்கலான பிரச்சினைகளைத் தீர்க்க வேண்டியுள்ளது. வேக நியூட்ரான்களின் கதிரியக்கத்தின் விளைவாகப் பொருட்களுடைய படிக அணிக்கோவையிலுள்ள (Lattice) அணுக்களின் நிலையமைப்பு மாறுகிற காரணத்திஞல் செறிவான நியூட்ரான் ஒழுக்கில் வேலைசெய்யும் கட்டுமானப் பொருட்களின் வலிமை குறைகிறது.

ஆகவே, செறிவு மிக்க நியூட்ரான் ஒழுக்கில் வேலே செய்வதற்கான புதிய கட்டுமானப் பொருட்களை உருவாக்க வேண்டியது இன்றியமை யாததாகிறது.

U^{238} லிருந்து கிடைத்த புளூடோனியத்தை, மீதியுள்ள U^{238}, நெப்ட்யூனியம், அணுக்கரு பிரிதலின்பொழுது உருவான தீவிர கதிரியக் கத்தன்மையுடைய பொருட்கள் ஆகியவற்றிலி ருந்து பிரிக்கவேண்டியது இன்றியமையாத கா ரணத்தினுல் அதிசிக்கலான, அறிவியல் — தொழில் நுட்ப, பொருளாதார பிரச்சினைகளைத் தீர்க்க வேண்டிவருகிறது.

வேக நியூட்ரான்களில் வேலேசெய்யும் அணு உலேகள் பரவலாகப் பயன்படுத்தப்படும் காலம் வரும்பொழுது, கூடவே புளூடோனியத்தைப் பிரிப்பதற்கு, அணு எரிபொருளைச் சுத்தப்படுத் துவதற்குத் தேவையான, போதுமான உற்பத்தித் திறன் கொண்ட தொழிற்சாலேகளை உருவாக்க வேண்டிவரும். இத்தொழிற்சாலேகள் தீவிர கதிரி யக்கப் பொருட்களுடன் சம்பந்தப்பட்ட காரணத் திஞல் அவற்றிற்கு ஆகும் செலவு குறைவாக இருக்காது.

முழுவதும் தீர்க்கப்படாத வேறுசில பிரச் சினேகளும் உள்ளன. U^{235} க்குப் பதிலாக Pu^{239}, அணு எரிபொருளாகப் பயன்படுத்தப்படும்பொழுது, எரிபொருளின் பெருக்க விகிதம் அதிகமாகிறது. Pu^{239} அணுக்கரு பிரியும்பொழுது வெளியிடப் படும் நியூட்ரான்களின் எண்ணிக்கையானது

(சராசரியாக, ஏறக்குறைய மூன்று), U^{235} அணுக்கரு பிரியும்பொழுது வெளியிடப்படும் நியூட்ரான்களின் எண்ணிக்கையைவிட (சராசரியாக, 2.46 நியூட்ரான்கள்) அதிகமாக உள்ளதே இதற்குக் காரணமாகும். வேக நியூட்ரான்களில் வேலைசெய்யும் அணு உலைகளில் யுரேனியத் தாதுவைத் தவிரப் புளூடோனியத்தை அணு எரிபொருளாகப் பயன்படுத்துவது இலாபகரமானதாகும். ஒரு அணு உலைக்கு ஒரு டன்னுக்கும் அதிகமான புளூடோனியம் தேவை. ஆகவேதான் முதலில் அடுத்த உலைகளுக்கான புளூடோனியத்தை வேக நியூட்ரான்களில் வேலைசெய்யும் அணு உலைகளில் தயாரிக்க வேண்டும். புதிய புளூடோனிய உற்பத்தியின் வேகம் அதை இரண்டு மடங்காக மாற்றுவதற்குத் தேவைப்படும் நேரத்தினுல் வரையறுக்கப்படுகிறது. இரண்டு மடங்காக்குவதற்கான காலம் 10 வருடத்திற்கு மேலாகக் கூடாது என்ற நிபந்தனையும் உண்டு. வேக நியூட்ரான்களில் வேலைசெய்யும் அணு உலை என்பது மிகக் கடினமான சூழ்நிலையில் வேலை செய்யும் சாதனமாகும். அதில், 1 லிட்டர் கன அளவில் 1000 கி. வாட் வரையான வெப்பம் வெளியிடப்படுகிறது. இதனுல் வேறு சில பிரச்சினைகள் உண்டாகின்றன.

அணு உலையில் வேக நியூட்ரான்களைப் பயன்படுத்துவது இலாபகரமானதும் நல்ல வருங்காலமுள்ளதுமாகும். இருப்பினும், இதைப் பரவ

லாகப் பயன்படுத்துவதற்கு மேலே கூறிய கடினமான பிரச்சினைகளைத் தீர்க்க வேண்டியது இன்றியமையாததாக உள்ளது. ஆகவே, வேகம் குறைவான நியூட்ரான்களைப் பயன்படுத்துவதைத் தவிர வேறு வழியில்லை. ஆனால் இவற்றைப் பயன்படுத்துவதால் இயற்கை யுரேனியத்தின் ஒரு சிறிய பாகத்தை மட்டுமே உபயோகிக் கமுடியும்.

U^{235} அணுக்கருவோ Pu^{239} அணுக்கருவோ பிளக்கப்படும்பொழுது வேக நியூட்ரான்கள் வெளிவருகின்றன. அவற்றின் வேகத்தைக் குறைக்க வேண்டியது இன்றியமையாததாகும். வேகம் குறைவான நியூட்ரான்களின் ஆற்றல், வேக நியூட்ரான்களின் ஆற்றலைவிட 100 மடங்கு குறைவானது. நியூட்ரான்களின் வேகத்தைக் குறைப்பதற்காகக் கிராபைட்டு, சாதாரண அல்லது கன நீர் (Heavy water) போன் றவை வேகக் குறைப்பான்களாகப் (Moderators) பயன்படுத்தப்படுகின்றன. வேகக் குறைப்பான் களுடைய அணுக்கருக்களின் மேல் நியூட்ரான்கள் மோதுவதன் விளைவாக அவற்றின் வேகம் குறைகிறது (இது நமக்குத் தேவையானது). அத்துடன் நியூட்ரான்களின் ஒரு சிறு பகுதி வேகக்குறைப்பான்களால் உட்கொள்ளப்படுகிற (இது நமக்குத் தேவையற்றது) காரணத்தால் அணு எரிபொருள் (U^{235} அல்லது Pu^{239}) செலவு அதிகரிக்கிறது. வேகத்தைக் குறைக்கும் பண்பில் முதலிடம் வகிப்பது சாதாரண நீர்,

பிறகு கன நீர், கடைசியாகக் கிராபைட்டு. ஆனல், சாதாரண நீர் நியூட்ரான்களை அதிக அளவில் உட்கொள்கிறது (ட்யூரியம் தோன்று கிறபடியால்). ஓரளவு குறைவாக நியூட்ரான்களை உட்கொள்வது கிராபைட், அதைவிடக் குறைவாக உட்கொள்வது கன நீர். ஆகவேதான் தண்ணீரைப் பயன்படுத்தும்பொழுது யுரேனியத் தாதுவிலுள்ள U^{235} ஐசோடோப்பின் அளவை 3 — 4 % ஆக அதிகரிக்க வேண்டும் (இயற்கை யுரேனி யத்தில் U^{235} 0.7 % மட்டுமே உள்ளது). அதே நேரத்தில் கன நீரை வேகக் குறைப்பாளுகப் பயன்படுத்தினல் இயற்கை யுரேனியத்தில் U^{235} ஐ அதிகரிக்கத் தேவையில்லை.

Pu^{239} வின் அணுக்கருவைப்போலவே U^{235} வின் அணுக்கரு ஒரு நியூட்ரான் மோதியவுடன் பிளக்கிறது என்பது ஏற்கனவே நமக்குத் தெரியும். U^{235} அணுக்கரு பிளக்கும்பொழுது சராசரியாக 2.46 நியூட்ரான்கள் உண்டாகின்றன. அவற்றில் ஒன்றை U^{235} அணுக்கரு மேற்கொண்ட அணுக்கரு மாற்றத்திற்காகப் பயன்படுத்துகிறது. அதாவது ஒரு தடவையில் உருவான 2.46 நியூட்ரான்களில் ஏறக்குறைய 40 % சங்கிலித் தொடர் அணுக்கரு மாற்றத்தைத் தொடர் வதற்காகச் செலவிடப்படுகிறது. 50 % நியூட்ரான் களை, வேகக்குறைப்பான், U^{238}, கட்டுமானப் பொருட்கள் ஆகியவை உட்கொள்கின்றன. ஆகவேதான் நியூட்ரான்களுடைய இழப்பு எப் பொழுதுமே 10 % க்கு அதிகமாகக் கூடாது.

அதிகமானல் சங்கிலித் தொடர் அணுக்கரு மாற்றம் தடைப்படும்.

பொருளுடைய கனஅளவு எவ்வளவுக்கெவ் வளவு குறைவாக உள்ளதோ அவ்வளவுக் கவ்வளவு அப்பொருளுடைய பரப்பளவிற்கும் அதன் கன அளவிற்குமுள்ள விகிதம் அதிகமாக இருக்கும். உதாரணமாக, 2 மீட்டர் பக்கங் களுடைய ஒரு கன சதுரத்தின் பரப்பள விற்கும் அதன் கன அளவிற்குமுள்ள விகிதம் $\frac{24\text{ மீ}^2}{8\text{ மீ}^3} = 3\frac{1}{\text{மீ}}$ ஆக உள்ளது. 1மீ பக்கங் களுடைய கன சதுரத்திற்கு இந்த விகிதம் $\frac{6\text{ மீ}^2}{1\text{ மீ}^3} = 6\frac{1}{\text{மீ}}$ ஆகும். இந்த எளிமையான உண்மை தொழில்நுட்பவியலில் குறிப்பாக, நாம் இப் பொழுது பார்த்துக்கொண்டிருக்கும் சங்கிலித் தொடர் அணுக்கரு மாற்றத்தில் பயன்படுத் தப்படுகிறது.

கன அளவு எவ்வளவுக்கெவ்வளவு அதிகமாக உள்ளதோ அவ்வளவுக்கவ்வளவு ஒரு நேர அலகில் அதிகமாக நியூட்ரான்கள் தோன் றுகின்றன. பரப்பு அதிகமாக அதிகமாக நியூட்ரான்களின் இழப்பும் அதிகமாகிறது. ஆனல் கன அளவு அதிகமாகும்பொழுது பரப்பள விற்கும் கன அளவிற்கும் உள்ள விகிதம் குறைகிறது. ஆகவேதான் அணுக்கரு மாற்றம் நடைபெறும் இடத்தின் கன அளவை அதிகரிக் கையில் நியூட்ரான்களின் இழப்பு அதிகரிக்கிறது.

அதேசமயத்தில் அந்த நியூட்ரான் இழப்பை அப்பொழுது தோன்றிய நியூட்ரான்களின் அளவுடன் ஒப்பிடுகையில் (சதவீதத்தில்) குறைவாக உள்ளது. ஆகவே இதிலிருந்து சங்கிலித் தொடர் அணுக்கரு மாற்றம் நடைபெறச் சாத்தியமுள்ள, உய்ய கன அளவு (Critical Volume) என அழைக்கப்படும் குறைந்தபட்ச கன அளவு ஒன்று உண்டு எனத் தெரியவருகிறது. இக்கன அளவில் நியூட்ரான்களின் இழப்பு அனுமதிக் கப்பட்ட அளவைவிட (நம்முடைய நிகழ்ச்சியில் 10%) அதிகமாகாது: கன அளவு உய்ய கன அளவைவிடக் குறையும்பொழுது சங்கிலித்தொடர் அணுக்கரு மாற்றம் நடைபெருது.

இதில்தான் அணுகுண்டின் தத்துவமே அடங்கியுள்ளது. அணுக்கரு வெடித்தலை ஏற்படுத்துவதற்காகச் சிதையும் தன்மையுடைய பொருளுடைய ஒருசில துண்டுகளை ஒன்ருக்க வேண்டும். பொதுவாக Pu^{239} சிதையும் பொருளாக உபயோகப்படுத்தப்படுகிறது. அணுகுண்டில் சிதையும் பொருளுடைய மொத்த கன அளவு உய்ய கன அளவைவிட அதிகமாக உள்ளதாலும் அதன் பொருண்மை உய்ய பொருண்மையை (Critical Mass)விட அதிகமாக உள்ள காரணத்தினுலும் தாளுக வளரும் அணுக்கரு மாற்றம் ஏற்பட்டு அணுகுண்டு வெடிக்கிறது.

ஆனுல், அணுமின்நிலையங்களில் மட்டும் ஏன் வெடித்தல் ஏற்படுவதில்லை? ஏனெனில், அணுகுண்டில் அணுக்கரு மாற்றம் கட்டுப்படுத்தக்

கூடியதல்ல. ஆனால், அணுமின்நிலையத்திலோ நியூட்ரான்களை நன்கு உட்கொள்ளும் தன்மை யுடைய பொருளினால் (பொதுவாகப் போரான் கார்பைடினால்) செய்யப்பட்ட, ஈடுசெய்யும் கழி களைப் (Compensating rods) பயன்படுத்தி அணுக்கரு மாற்றத்தைக் கட்டுப்படுத்துகின்றனர். கழிகளை அணுக்கரு மாற்றம் நடைபெறும் பகுதியிலிருந்து எடுப்பதன் மூலமோ வைப்பதன் மூலமோ அணுக்கரு மாற்றத்தைத் தீவிரம் அல்லது மட்டுப்படுத்தலாம். இதனால் அணு உலையில் வெடித்தல் ஏற்படுவதில்லை.

அணு தொழில்நுட்பவியலில், அணு உலையினு டைய ஊக்கமூட்டுத் திறன் (Reactivity of The Nuclear Reactor) என்ற ஒரு கருத்து உண்டு. அது உலையில் நடக்கும் செயல்முறையை அதாவது வளர் அணுக்கரு மாற்றம் நடைபெறுகிறதா (உலையின் திறன் அதிகமாகிறது) அல்லது தேய் அணுக்கரு மாற்றம் (உலையின் திறன் குறை கிறது) நடைபெறுகிறதா என்பதை விளக்க வல்லது. வளர் அணுக்கரு மாற்றத்தில் உலையின் ஊக்கமூட்டுத் திறனது பாசிடிவ் என்றும் தேய் அணுக்கரு மாற்றத்தில் நெகடிவ் என்றும் கூறுகின்றனர். ஊக்கமூட்டுத் திறன் பாசிடிவாக இருக்கும்பொழுது, உருவாகும் நியூட்ரான்களின் எண்ணிக்கை பயன்படுத்தப்படும், உட்கொள் ளப்படும் இழக்கப்படும் நியூட்ரான்களின் மொத்த எண்ணிக்கையைவிட அதிகமாக உள்ளது. ஆனால், ஊக்கமூட்டுத்திறன் நெகடிவாக இருக்கும்பொழுது

உருவாகும் நியூட்ரான்களின் எண்ணிக்கை குறை வாக உள்ளது.

உருவாகும் நியூட்ரான்களின் எண்ணிக்கையும் செலவிடப்படும் நியூட்ரான்களின் எண்ணிக் கையும் ஒன்ருக இருந்தால் உலேயின் திறன் மாருமல் இருக்கும். அதாவது அது சீரான வேலேநிலேயில் இருக்கும். இந்த நிலேயை ஈடுசெய் யும் கழிகளின் உதவியால் அடையலாம்.

வேகம் குறைவான நியூட்ரான்களேக் கொண்டு செய்யப்படும் அணுக்கரு மாற்றங்களில் U^{238} ஐ அறவே பயன்படுத்த முடியாது என்று கூற முடியாது. ஏனெனில் வேகம் குறைவான நியூட்ரான்களே U^{238} வின் அணுக்கருக்கள் உட் கொண்டபொழுதிலும் U^{238} அணுக்கரு Pu^{239} வாக மாறுவது நடைபெறுகிறது. வேகம் குறைவான நியூட்ரான்களேப் பயன்படுத்தும் அணுக்கரு மாற்றத்தில் 1டன் யுரேனியத் தாதுவைப் பயன்படுத்துவோமாளுல் அதிலுள்ள 7 கி.கி U^{235} (முழு U^{235}), ஏறக்குறைய 10 கி.கி U^{238} (இது தாதுவிலுள்ள 1 % U^{238} ஆகும்) மட்டுமே பயன்படுத்தப்படும்.

அணு மின்நிலேயம் (அ.மி.நி). அணு மின்நிலேயத் தின் அணு உலேகள் இரண்டு வகைப்படும். முதல்வகை, வேக நியூட்ரான்களில் (இவை அடிக்கடி, இனப்பெருக்கிகள் (breeders) என அழைக்கப்படுகின்றன) வேலே செய்யும் உலேகள் இரண்டாவது, வேகம் குறைவான (வெப்ப)

நியூட்ரான்களில் வேலைசெய்யும் உலைகளாகும். முதல் வகை உலைகளைப் பயன்படுத்துவதன் மூலம் இயற்கையிலுள்ள முழு அணு எரிபொரு ளையுமே உபயோகிக்க முடியும். தானகச் சிதையக்கூடிய அணுக்கருக்களுடைய இயற்கை யிலுள்ள ஒரேபொருள், யுரேனியத்தின் ஐசோடோப் பான U^{235} ஆகும். புளுடோனியம், யுரேனி யம் ஆகியவற்றின் ஐசோடோப்புகளான Pu^{239}, U^{233} ஆகிய வற்றிற்குத் தானகச் சிதையும் தன்மை யைக் கொடுத்தவன் மனிதனே. இயற்கையில் இந்த ஐசோடோப்புகளை காணவே முடியாது. யுரேனியம், தோரியம் ஆகியவற்றின் ஐசோ டோப்புகள் (U^{238}, Th^{232}) இயற்கையில் ஓரளவு அதிகமாக இருப்பினும் அவற்றின் அணுக்கருக்கள் சிதைவதில்லை. ஆனல் இந்த ஐசோடோப்புகளின் அணுக்கருக்களை நியூட்ரான் களைக் கொண்டு மோதுவதன் மூலம் அவற்றை Pu^{239}, U^{233} ஆக மாற்ற முடியும். இனப் பெருக்கி-உலையில் ஆரம்ப அணு எரிபொருளாக Pu^{239}, U^{233} ம்; இரண்டாம் அணு எரிபொருளை அதாவது மீண்டும் புதிய Pu^{239}, U^{233} வைப் பெறுவதற்கான கச்சாப்பொருளாக U^{238}, Th^{232} பயன்படுத்தப்படுகின்றன. ஆகவே இனப்பெருக்கி-உலையில் ஆரம்ப அணு எரிபொருளும் (Pu^{239} அல்லது U^{233}) 'அணுக் கச்சாப்பொருளும்' (U^{238} அல்லது Th^{232}) நிரப்பப்படுகின்றன. உலை, அணு மின்நிலையத்தில் மின்சாரமாக மாற் றுவதற்குத் தேவையான வெப்ப ஆற்றலையும்

ஆரம்பத்திலிருந்த அளவைவிட அதிகமான அளவு இரண்டாம் அணு எரிபொருளையும் (Pu^{239} அல்லது U^{233}) உற்பத்தி செய்கிறது. (பெருக்க விகிதம் 1.6 என்பதை நினைவுகூர்வோம்). இதனால்தான் இந்த உலைக்கு இனப்பெருக்கி உலை என்ற பெயர் வந்தது. நாம் மேலே கூறிய எல்லா அணுக்கரு மாற்றங்களுக்கும் தொடக்கத்தைக் கொடுப்பது இயற்கையிலுள்ள ஒரே மூல அணு எரிபொருளான U^{235} தான் என்பதை மறக்கக் கூடாது. அணு உலைகளில் பயன்படுத்தப்பட்ட ஐசோடோப்புகளே மீண்டும் உற்பத்தி செய்யப்படுகின்றன. அவை ஒரு உலையில் Pu^{239} ஆகவோ மற்றவற்றில் U^{233} ஆகவோ இருக்கலாம்.

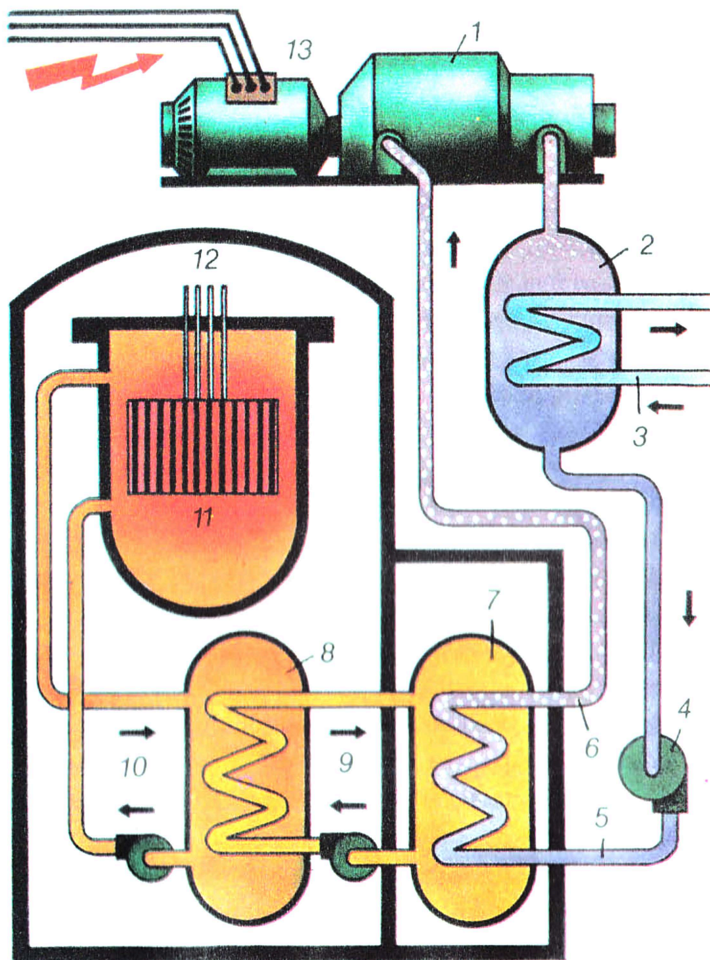
வேக நியூட்ரான்களில் வேலைசெய்யும் உலையைப் பயன்படுத்தும் அணு மின்நிலையத்தின் விளக்கப்படம் காட்டப்பட்டுள்ளது (படத்தைப் பார்க்க). முதலில் நமது கண்களுக்குப் படுவது விளக்கப்படத்தின் வலது பக்கத்தில் உள்ளவை உலையின் பாகங்களல்ல (உலை இடது பக்கத்திலுள்ளது) என்பதுதான். விளக்கப்படத்தின் வலது பக்கம் நாம் ஏற்கனவே பார்த்த, நீராவி ஆற்றலைப் பயன்படுத்தும் வெப்ப மின்நிலையத்தின் விளக்கப்படத்திலிருந்து எதிலும் வேறுபடுவதில்லை.

உண்மையில், இவ்விரண்டு விளக்கப்படங்களிலும் ஒரே சாதனங்களையே காண்கிறோம்: நீராவிடர்பைன், மின்னாக்கி, குளிர்ப்பி (Condenser), நீர் இறைக்கும் பம்பு. கொள்கைரீதியான

ஒரு வேறுபாடு என்னவென்ருல் நீராவி ஆற்றலைப் பயன்படுத்தும் . வெ. மி. நிலையத்தில் அங்கக எரிபொருளை எரித்துக் கிடைக்கும் வெப்பத்தைப் பயன்படுத்திக் கொதிகலனில் (நீராவி ஆக்கியில்) நீராவி உற்பத்தி செய்யப்படுகிறது. ஆனல், அணு மின் நிலையத்தில் (வேக நியூட்ரான்களில் வேலைசெய்தாலும் சரி, வெப்ப நியூட்ரான்களில் வேலைசெய்தாலும் சரி) அணுக்கரு மாற்றத் தின்பொழுது கிடைக்கும் வெப்பத்தைப் பயன் படுத்தி வெப்பமாற்றி-நீராவி ஆக்கியிலோ அல்லது உலையிலோ நீராவி உற்பத்தி செய்யப்படுகிறது. வெ.மி.நி கொதிகலனைக் கொண்டுள்ளது. அ.மி.நி அணு உலையைக் கொண்டுள்ளது. இவ்விரண்டு மின்நிலையங்களை ஒன்றிலிருந்து ஒன்று வேறுபடுத் துவது கொதிகலனும் அணு உலையும்தான். தற்பொழுது வேக நியூட்ரான்களில் வேலைசெய்யும் உலைகள் மேம்படுத்தப்படும் கட்டத்தில் உள்ளன என்றும் அவற்றின் சோதனை மாதிரிகளே பயன்படுத்தப்படுகின்றன என்றும் நாம் ஏற்கனவே கூறியுள்ளோம். சோவியத்து யூனியனின் முதல், திறன்வாய்ந்த, வேக நியூட்ரான்களில் வேலை செய்யும் உலை, (ஓரளவு குறைந்த திறன் கொண்ட உலைகள் வேலை செய்வது பரிசோதிக் கப்பட்டபின்னர் அமைக்கப்பட்ட) 1973 ஆம் ஆண்டு வேலைசெய்யத் துவங்கியது. இந்த உலை, காஸ் பியன் கடற்கரையிலுள்ள சேவ்சென்கோ நகரில் அமைக்கப்பட்டது. அவன் மின்திறன் 350 மெகாவாட் (Mw) ஆக இருந்த காரணத்தினல்

அது BH — 350 என அழைக்கப்பட்டது. ஆனல், அது உண்மையில் 150 Mw மின்திறனையே அளித்தது. அதிக அளவிலான மின்திறன், கடல் நீரைச் சுத்தப்படுத்துவதற் காகப் பயன்படுத்தப்பட்டது. அதைவிடப் பெரிய உலை அதாவது 600 Mw மின்திறன் கொண்ட BH — 600 உலை, பெல்யார்ஸ்க் அணு மின்நிலையத்தில் அமைக்கப்பட்டது. அதிதிறன்வாய்ந்த உலைகளை அமைக்கும் பணிகள் தொடர்ந்து நிறைவேற்றப்படுகின்றன.

அணு உலைகளின் இரண்டாவது வகையான, வேகம் குறைவான நியூட்ரான்களில் வேலை செய்யும் உலைகளே தற்காலத்தில் அதிகமாகப் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. 1942 ஆம் ஆண்டு அமெரிக்காவில் எ. பெர்மி என்ற விஞ்ஞானியின் தலைமையில் முதல் அணு உலை அமைக்கப்பட்டது. ஐரோப்பாவின் முதல் அணு உலை, 1946ஆம் ஆண்டு சோவியத்து யூனியனில் இ. வி. குர்சாதவ் என்ற விஞ்ஞானியின் தலைமையில் உருவாக்கப்பட்டது. 1954ம் ஆண்டு ஜீன் 27ஆம் தேதி சோவியத்து யூனியனிலுள்ள ஒபின்ஸ் என்ற நகரத்தில் உலகிலேயே முதன்முதலாகக் கட்டப்பட்ட அணு மின்நிலையம் வேலைசெய்யத் துவங்கியது. அதன் மின்திறன், 5 ஆயிரம் கி. வாட்டாக இருந்தது. அணு ஆற்றலியல் சென்ற பத்தாண்டு காலமாகத்தான் மிக விரைவாக வளர்ந்துவருகிறது. இப்பொழுது உலகிலுள்ள எல்லா நாடுகளிலுள்ள அணு


1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13

மின்நிலையங்களின் மொத்த திறன் 100 மில்லியன் கி. வாட்டுக்கு மேலானதாகும். ஒரு அணு உலையின் திறன் (மின்) 1 மில்லியன் கி. வாட்டுக்கும் மேலானது. மிக விரைவில் அது 1.5 — 2 மில்லியன் கி. வாட்டாக அல்லது அதற்கும் மேலாக மாறக்கூடும்.

வெப்ப நியூட்ரான்களில் வேலைசெய்யும் உலையில் அணு எரிபொருள், வேகக்குறைப்பான் ஆகியவற்றின் கலவை நிரப்பப்படுகிறது. இக்கலவை உள்ள பகுதியையே உலையின் வேலையிடம் என அழைக்கின்றனர். வேலையிடம் — இதுவே உலையின் இருதயமாகும். இவ்விடத்தில் அதிகமான ஆற்றல் உண்டாகும் அணுக்கரு மாற்றங்கள் நடைபெறுகின்றன. வேக நியூட்ரான்களின் வேகம் குறைக்கப்படுகிறது; அணுக்கரு மாற்றத்தின் முடிவில் உருவான பொருளிலிருந்து வரும் வெப்பம் விசேஷ பொருட்களின் உதவியால் அகற்றப்படுகிறது.

உலையின் வேலையிடத்திலிருக்கும் அணு எரிபொருள், எரிபொருள் கலன்களில் (Fuel elements) வைக்கப்படுகின்றது. ஒவ்வொரு எரிபொ

வேக நியூட்ரான்களில் வேலை செய்யும் அணு உலையைக் கொண்ட அணுமின்நிலையத்தின் விளக்கப்படம்.
1 — நீராவி டர்பைன்; 2 — நீராவிகுளிர்ப்பி; 3 — குளிர்விக்கும் நீர்; 4 — பம்பு; 5 — நீர்; 6 — நீராவி; 7 — நீராவியாக்கி; 8 — வெப்பமாற்றி; 9 — திரவ உலோகம்; 10 — திரவ உலோகம்; 11 — அணு உலை; 12 — ஈடு செய்யும் கழிகள்; 13 — மின்னாக்கி

ருள் கலனும் ஒரு உள்ளகம் (Core) மற்றும் உறையைக் கொண்டுள்ளது. உள்ளகத்தில் அணு எரிபொருள் வைக்கப்பட்டுள்ளது. அணு எரி பொருள் தூய உலோக யுரேனியமாகவோ அல்லது புளூடோனியமாகவோ இருக்கலாம். அல்லது அலுமினியம், சிர்கோனியம், குரோமியம், பிஸ்மத் போன்ற தனிமங்கள் ஏதாவது ஒன்றுடன் இவ்வுலோகங்கள் சேர்வதனல் கிடைக்கும் கலவை யாகக்கூட இருக்கலாம். இவ்வுலோகங்களுடன் சிலிகன் சேர்க்கப்பட்டு (ஆக்ஸைடுகள் அல்லது கார்பைடுகள்) பயன்படுத்தப்படலாம். மேலும், உலையில் நிரப்பப்படும் ஆரம்ப அணு எரி பொருளை மீண்டும் பெறுவதற்குத் தேவையான 'கச்சாப்பொருள்' (U^{238} அல்லது Th^{232}) உள்ளகத்தில் வைக்கப்படுகிறது. உள்ளகங்களைப் பல்வேறு வடிவங்களில் செய்கின்றனர். ஆனல் பெரும்பாலும் அவற்றைச் சிலிண்டர் வடிவில் செய்கின்றனர்.

எரிபொருள் கலனுடைய உறையானது உள் ளகத்தை, எரிபொருள் கலனைக் 'குளிப்பாட்டும்' வெப்பத் தணிப்பியிலிருந்து (Heat-transfer agent) நம்பகரமாகப் பாதுகாக்கிறது. இவ்வுறை காற் றுபுகாத் தன்மையைக் கொண்டிருக்க வேண்டும். மேலும் அதிக வலிமை, நல்ல அரிமான எதிர்ப்புத் திறன், வெப்பத் தடைத்திறன், செறிவான நியூட்ரான் ஒழுக்கில் சீரழியாத்தன்மை போன்ற பண்புகளைக் கொண்டிருக்க வேண்டும். அடிக்கடி இவ்வுறை அலுமினியமும் சிர்கோனியமும் சேர்ந்த

உலோகக் கலவைகள், கருகா எஃகு (Stain less steel) அல்லது அடர்த்தி அதிகமான கிராபைட் ஆகியவற்றினால் செய்யப்படுகிறது (வேலைநிலைக்குத் தகுந்தபடி, அதாவது வெப்பநிலைக்கு ஏற்ப).

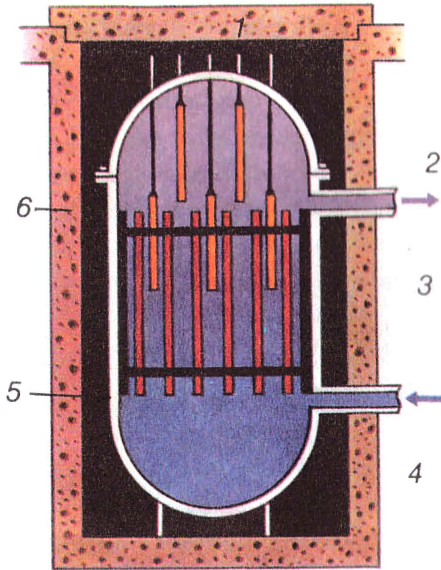
எரிபொருள் கலன்கள் விசேஷ பைகள், கேசட்டுகள், தொகுதிகள் ஆகியவற்றில் ஒன்று சேர்க்கப்பட்டு அணு உலையுடைய வேலையிடத்தில் வைக்கப்படுகின்றன. இவ்வேலையிடத்தைச் சுற்றி நியூட்ரான் பிரதிபலிப்பான் வைக்கப்படுகிறது. வேகக்குறைப்பானையே அடிக்கடி பிரதிபலிப்பானகப் பயன்படுத்துகின்றனர். பிரதிபலிப்பான் (அதன் பெயரே கூறுவதைப்போல்) 'தப்பி ஓடும்' நியூட்ரான்களை வேலையிடத்திற்குத் திருப்பி அனுப்ப உதவுகிறது. இது எவ்வாறு நடைபெறுகிறதென்றால் 'தப்பி ஓடும்' நியூட்ரான்கள் பிரதிபலிப்பானுடைய அணுக்கருக்களில் மோதி மீண்டும் வேலையிடத்திற்குத் திரும்புகின்றன. பிரதிபலிப்பானுக்குப் பின்னால் அதாவது உலையின் வெளிப்புறத்தில், கதிரியக்கத்திலிருந்து உலையைக் காப்பாற்றுவதற்காக, காப்பீடு செய்யப்படுகிறது. இக் காப்பீடு, உயிரியல் காப்பீடு (Biological shield) என அழைக்கப்படுகிறது. கதிரியக்கம், நியூட்ரான்கள் இன்னும் வேறுசில துகள்களைக் கொண்டுள்ளது. உலையின் வேலையிடமே, பிரதான, கதிரியக்கத் தோற்றுவாயாகும். மேலும், நியூட்ரான்களின் மோதுதல்களுக்குட்படுத்தப்படும், அவற்றை உட்கொள்ளும் கட்டுமானப் பொருட்களும் கதிரியக்கத்தைத் தோற்றுவிக்கின்றன.

ஏறக்குறைய 10 % தண்ணீரைக் கொண்டுள்ள மிக உயர்ந்த தர கான்கிரீட்டால் உயிரியல் காப்பீடு செய்யப்படுகிறது. கான்கிரீட்டிலுள்ள தண்ணீர் மிக முக்கியபணி ஆற்றுகிறது. ஏனெனில் தண்ணீர் ஒரு சிறந்த நியூட்ரான் உட்கொள்ளியாகும். கதிரியக்கத்திலிருந்து காப்பதற்காகக் கான்கிரீட் பயன்படுத்தப்படும் பொழுது அடிக்கடி அதனுடன் நியூட்ரான்களை அதிகமாக உட்கொள்ளும் போரான் கார்பைடு சேர்க்கப்படுகிறது. கதிரியக்கத்தின் பொழுது வெளிப்படும் துகள்கள் காப்பீட்டுப் பொருளின் அணுக்கருக்களில் மோதுவதன் விளைவாக, முதலில் வேகம் குறைக்கப்பட்டு, பின் அப்பொருட்களால் உட்கொள்ளப்படுகின்றன. காப்பீடு, உலையின் கதிரியகத்தைப் பெருமளவில் குறைக்கிறது. ஆனால் அதனால் முழுவதையும் அழிக்கமுடியாது. உலை எப்பொழுதுமே கதிரியக்கத் தோற்றுவாயாகத்தான் உள்ளது. ஆகவே உலையை ஒழுங்காக அமைத்துப் பயன்படுத்தினால் அதனுடைய கதிர்வீச்சு விண்வெளியிலிருந்து பூமிக்கு வரும் கதிர்வீச்சைப்போலவே ஆபத்தற்றதாகிறது. இருப்பினும், அணு தொழில் நுட்பவியலின் முக்கியமான பிரச்சினைகளுள் ஒன்றான, பாதுகாப்பு குறித்த பிரச்சினை எப்பொழுதுமே வல்லுனர்களின் கவனத்தைக் கவர்வதாக உள்ளது.

நியூட்ரான்களின் வேகத்தைக் குறைக்க, உலையின் வேலையிடத்திலிருந்து வெப்பத்தை அகற்ற எந்தப் பொருட்கள் பயன்படுத்தப்

படுகின்றனவோ அதைப் பொறுத்துத் தற்பொழுதுள்ள உலைகளின் கட்டமைப்புகள் வேறுபடுகின்றன.

சாதாரண தண்ணீரை நியூட்ரான்களின் வேகத்தைக் குறைப்பதற்கும் வெப்பம் அகற்றியாகவும் பயன்படுத்தும் நீர் — குளிரூட்டி உலைகள் (Water — moderated reactors); யுரேனியம்-கிராபைட் உலைகள் (வேகக்குறைப்பான் — கிரா



நீர்-குளிரூட்டி உலையின் விளக்கப்படம்

1 — ஈடு செய்யும் கழிகள்; 2 — சூடான நீர்; 3 — எரிபொருள் கலங்கள்; 4 — குளிர்ந்த நீர்; 5 — உலையின் சட்டகம்; 6 — உயிரியல் காப்பீடு

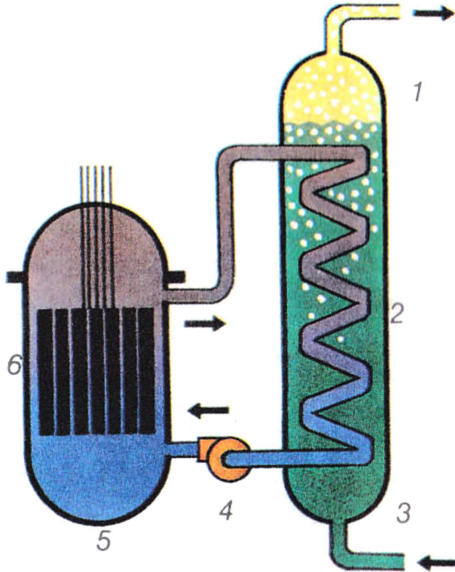
பைட்; வெப்பம் அகற்றி — சாதாரண நீர்); வாயு கிராபைட் உலைகள் (வேகக்குறைப்பான் — கிராபைட்; வெப்பம் அகற்றி — வாயு, அடிக்கடி கார்பன்டையாக்ஸைடு); கனநீர் உலைகள் (வேகக் குறைப்பான் — கனநீர், வெப்பம் அகற்றி — கனநீர் அல்லது சாதாரண நீர்) போன்றவை அதிகமாகப் பயன்படுத்தப்படுகின்றன.

சோவியத்து யூனியனில் நீர் — குளிரூட்டி, யுரேனியம் — கிராபைட் உலைகள் பரவலாகப் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. அவற்றைப் பற்றிச் சிறிதளவு பார்ப்போம்.

நீர் — குளிரூட்டி உலையின் விளக்கப்படம் படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளது. இந்த உலையின் வேலையிடமான கொதிகலனில் தண்ணீர் உள்ளது. அதில் எரிபொருள் கலன்களடங்கிய தொகுதிகள் மூழ்கியுள்ளன. உலையினுள் இடைவிடாமல் நீர் அனுப்பப்படுகிறது. அது வேலையிடத்தின் வழியாகச் செல்லும்பொழுது எரிபொருள் கலன்களிலிருந்து வெப்பத்தைப் பெற்று, சூடேற்றப்பட்டு உலையி லிருந்து வெளியேறுகிறது. இவ்வாறு அணுக்கரு மாற்றத்தினல் உருவான வெப்பம், தண்ணீருக்குக் கொடுக்கப்படுகிறது.

வெப்ப நியூட்ரான்களில் வேலைசெய்யும் நீர் — குளிரூட்டி உலையைக் கொண்ட அணு மின்நிலையத் தின் முக்கிய பாகங்கள், அணு உலை, வெப் பமாற்றி (Heat exchanger), நீராவி ஆக்கி (Steam generator) ஆகியனவாகும். இந்த விளக்கப்படம் இரண்டு பகுதிகளால் (Contours)

ஆனது. முதற்பகுதியிலுள்ள தண்ணீர் உலேயின் வேலேயிடத்திலுள்ள எரிபொருள்கலன்களிலிருந்து வெப்பத்தைப் பெற்று (தண்ணீர் வெப்பம் அகற்றியாக) அவ்வெப்பத்தை வெப்பமாற்றியிலுள்ள நீருக்குக் கொடுக்கிறது. ஆனல் இந்த நீர் மீண்டும் உலேயின் வேலேயிடத்திற்கு அனுப் பப்படுவதில்லே. எனவே, கதிரியக்கக் கண்ணேட்



நீர்-குளிரூட்டி உலே, வெப்பமாற்றி-நீராவியாக்கி ஆகியவற்றின் விளக்கப்படம்

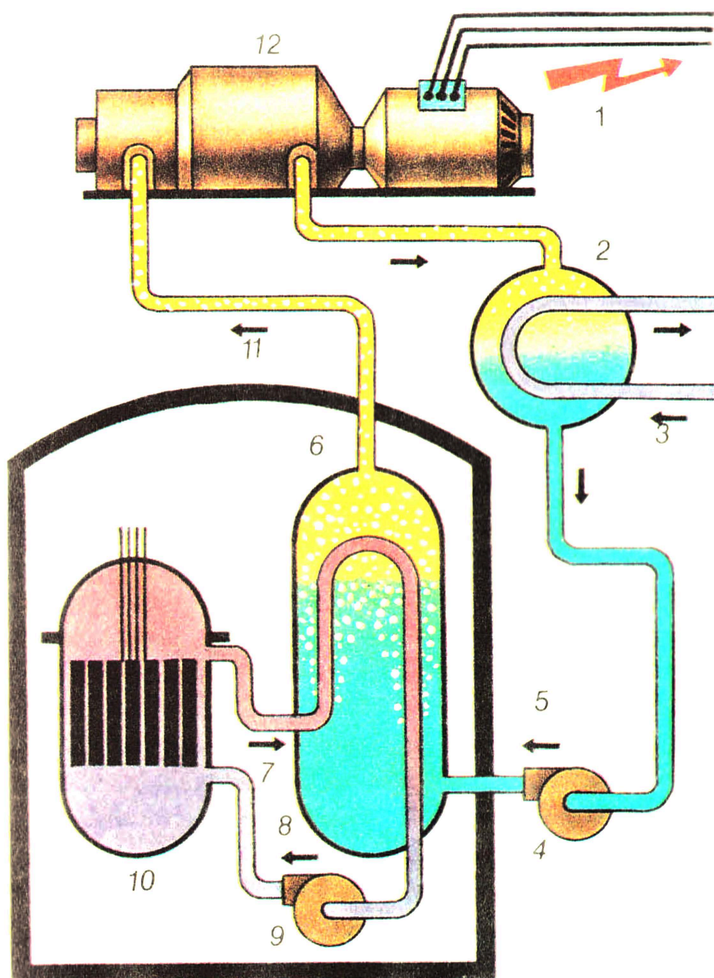
1 — நீராவி; 2 — நீராவியாக்கி; 3 — தண்ணீர்; 4 — பம்பு; 5 — உலே; 6 — எரிபொருள்கலங்கள்

டத்தில் அபாயமற்றது. இவ்வாறு, படத்தில் காண்பதைப்போல விளக்கப்படத்தின் முதல் பகுதியிலுள்ள அதாவது உலையிலுள்ள தண்ணீரின் வேலை வேலையிடத்திலிருந்து வெப்பத்தை எடுத்து இரண்டாவது பகுதியில் காட்டப்பட்டுள்ள வெப் பமாற்றியிலுள்ள தண்ணீருக்குக் கொடுப்பதே.

கீழே கூறப்போகும் காரணங்களை ஏற்கனவே வாசகர்கள் யூகித்திருக்கக் கூடும். இரண்டாவது பகுதியிலுள்ள தண்ணீர், முதல் பகுதியிலுள்ள தண்ணீரிலிருந்து வெப்பத்தைப் பெற்று அதன் விளைவாகக் கண்டிப்பாக நீராவியாக வேண்டும். ஆகவேதான் வெப்பமாற்றி, நீராவி ஆக்கி எனவும் அழைக்கப்படுகிறது. முதல் பகுதியிலுள்ள தண்ணீர் சூடேற்றியாகவும் இரண்டாவது பகுதி யிலுள்ள தண்ணீர் சூடேற்றப்படுவதாகவும் உள்ளது. எனவே, இரண்டாவது பகுதியிலுள்ள தண்ணீர் அல்லது நீராவியுடைய வெப்பநிலை, எப்படியும் முதல் பகுதியிலுள்ள தண்ணீரின் வெப்பநிலையைவிட அதிகமாக இருக்க முடியாது. ஆனால் இரண்டாவது பகுதியிலுள்ள தண்ணீரை, முதல் பகுதியிலுள்ள தண்ணீரின் வெப்பத்தால் நீராவியாக மாற்ற முடியுமா இல்லையா?

நீர்-குளிரூட்டி உலையைக் கொண்ட அணுமின்நிலையத்தின் விளக்கப்படம்

1 — மின்னாக்கி; 2 — நீராவி குளிர்ப்பி; 3 — குளிர்விக்கும் நீர்; 4 — பம்பு; 5 — நீர்; 6 — நீராவியாக்கி; 7 — நீர்; 8 — நீர்; 9 — பம்பு; 10 — உலை; 11 — நீராவி; 12 — நீராவி டர்பைன்


12
1
2
11
3
6
5
7
8
4
10
9

ஆம். மிக எளிதாக முடியும். தண்ணீர் எந்த வெப்பநிலையில் திரவமாக இருக்க முடியாதோ அந்த வெப்பநிலை அழுத்தத்தைச் சார்ந்துள்ளது என்ற ஆவியாதலின் வெப்பம் (Heat of vaporization) குறித்த உண்மையை இங்கு நினைவு கூர்வோம். உதாரணமாக, அழுத்தம் 0.04 வளியழுத்தமாக இருக்கையில் (இது வெப்பமின்நிலையத்தின் நீராவிக் குளிர்ப்பியிலுள்ள நீராவியின் சாதாரண அழுத்தமாகும்) நீராவியாகும் வெப்பநிலை 29°C ஆகும். அழுத்தம் 1 வளியழுத்தமானலோ 99.6°C வெப்பநிலையில் தான் தண்ணீர் ஆவியாகும். அழுத்தம் 160 வளியழுத்தங்களுக்குச் சமமானல் நீராவியாதல் 347.3°C வெப்பநிலையில் நடைபெறுகிறது. ஆகவேதான், முதல் பகுதியிலுள்ள தண்ணீரின் அழுத்தம், இரண்டாவது பகுதியிலுள்ள தண்ணீரின் அழுத்தத்தைவிட அதிகமாக இருந்தால்மட்டுமே முதல் பகுதியிலுள்ள தண்ணீர் கொடுக்கும் வெப்பத்தால் இரண்டாவது பகுதியிலுள்ள தண்ணீரை நீராவியாக்க முடியும். நடைமுறையில் இவ்வாறே செய்யப்படுகிறது.

நோவவரோன்ஸ்க் அணுமின்நிலையத்தில் பொருத்தப்பட்டுள்ள 1 மில்லியன் கி. வாட் திறன் (மின்) கொண்ட நீர் — குளிரூட்டி உலையில் முதல் பகுதியிலுள்ள தண்ணீரின் அழுத்தம் 160 வளியழுத்தமாகவும் இரண்டாம் பகுதியிலுள்ள தண்ணீரின் அழுத்தம் 60 வளியழுத்தமாகவும் உள்ளது. ஆகவே முதல் பகுதியில் 347.3°C,

இரண்டாம் பகுதியில் 275.6°C வெப்பநிலைகளில் தண்ணீர் நீராவியாக மாறுகிறது.

முதல் பகுதியிலுள்ள தண்ணீரின் அழுத்தம் எப்பொழுதுமே அதிகமாக இருப்பதனால், நீர்-குளிரூட்டி உலையின் வேலையிடத்தைச் சுற்றி உயர்தர உலோகத்தினால் செய்யப்பட்ட வலிமைவாய்ந்த, தடிமனான சட்டத்தை அமைக்க வேண்டும்.

வெப்ப நியூட்ரான்களில் வேலை செய்யும் நீர்-குளிரூட்டி உலையைக் கொண்ட அணுமின் நிலையத்தின் விளக்கப்படம் கொடுக்கப் பட்டுள்ளது. இவ்விளக்கப் படம் பலவற்றில் வேக நியூட்ரான்களில் வேலைசெய்யும் உலையைக் கொண்ட அணுமின்நிலையத்தின் விளக்கப்படத்தை ஒத்துள்ளது. வேக நியூட்ரான்களில் வேலை செய்யும் அணுமின்நிலையத்தின் விளக்கப்படம், இன்னும் சிக்கலானது. அதில் இரண்டு பகுதி களுக்குப் பதிலாக மூன்று பகுதிகள் உள்ளன. வேக நியூட்ரான்களில் வேலைசெய்யும் உலைகளில் வெப்பம் அகற்றியாகத் திரவநிலையிலுள்ள கார உலோகம் உபயோகப்படுத்தப்படுகிறது. வேக நியூட்ரான்களைப் பயன்படுத்துவதிலுள்ள சிக்கல் களைப் பற்றி நாம் ஏற்கனவே கூறியுள்ளோம்.

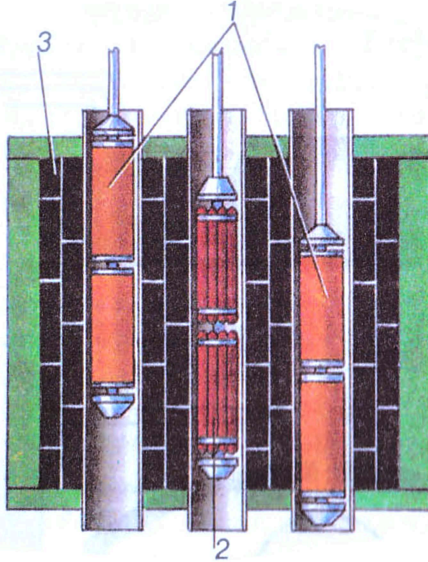
வெப்ப நியூட்ரான்களில் வேலைசெய்யும் நீர்-குளிரூட்டி உலைகளைத் தற்பொழுது அணு மின்நிலையங்களில் அதிகமாகப் பயன்படுத்துகின் றனர். சோவியத்து யூனியன், அமெரிக்கா, பிரான்சு, ஜெர்மன் ஜனநாயகக் குடியரசு,

பல்கேரியா, செக்கோஸ்லோவாக்கியா, பின்லாந்து இன்னும் இதர பிற நாடுகளில் அவை பயன் படுத்தப்படுகின்றன.

தற்பொழுது, சோவியத்து விஞ்ஞானிகள் நீர்-குளிரூட்டி உலைகளின் திறனை 2000 Mw ஆக அதிகரிப்பதில் ஈடுபட்டுள்ளனர்.

அடுத்து சோவியத்து யூனியனில் அதிகமாக உபயோகிக்கப்படும் வெப்ப நியூட்ரான்களில் வேலைசெய்யும் உலை, யுரேனியம்-கிராபைட் உலை யாகும். இந்த உலையில் நியூட்ரான்களின் வேகக்குறைப்பானகக் கிராபைட்டும் வெப்பம் அகற்றியாகச் சாதாரண தண்ணீரும் பயன்படுத் தப்படுகின்றன. இது நீர்-குளிரூட்டி உலைகளைப் போலச் சட்டகத்தால் மூடிய வடிவம் கொண் டிராமல் பள்ள வடிவமான கட்டமைப்பைக் கொண்டுள்ளது.

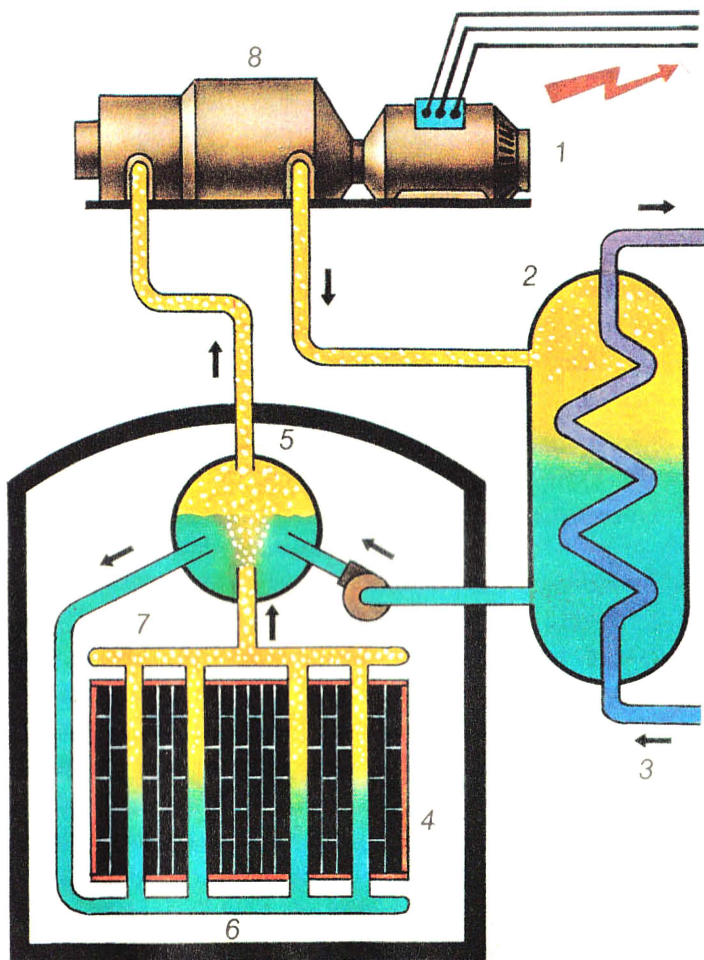
யுரேனியம்-கிராபைட் உலையின் வேலையிடத் திலுள்ள சாதனங்களின் விளக்கப்படம் காட் டப்பட்டுள்ளது. இந்த உலையின் வேலையிடம், கிராபைட்டினல் கட்டப்பட்ட ஒரு மேடையாகும். அதில் செங்குத்தான பள்ளங்கள் செய்யப்படுகின் றன. பெரும்பாலான பள்ளங்களில் எரிபொருள் கலன்களடங்கிய கேசட்டுகள் வைக்கப்படுகின்றன. எரிபொருள்கலன் வளைய வடிவமானது. அது இரண்டு குழாய்களைக் கொண்டுள்ளது. மத்தி யிலுள்ள அதிக அழுத்தம் தாங்கக்கூடிய குழாயில் வெப்பம்அகற்றி (சாதாரண தண்ணீர்) ஓடுகிறது. அதைச் சுற்றி மெல்லிய சுவர் கொண்ட குழாய்



பள்ளங்களுடைய யுரேனிய-கிராபைட் உலையின் வேலையிடத்தின் விளக்கப்படம்

1 — ஈடுசெய்யும் கழிகள்; 2 — எரிபொருள்கலங்களடங்கிய கெசட்டு; 3 — கிராபைட் அடுக்கு

உள்ளது. இவ்விரண்டு குழாய்களுக்கிடையில் அணு எரிபொருள் அதாவது செழிப்பாக்கப்பட்ட யுரேனியம் (Enriched Uranium) வைக்கப்படுகிறது. வெப்ப நியூட்ரான்களில் வேலை செய்யும் பள்ளங்களுடைய யுரேனியம்-கிராபைட் உலையைக் கொண்ட அணுமின்நிலையத்தின் விளக்கப்படம், நீர்-குளிரூட்டி உலையைக் கொண்டுள்ள அணுமின்நிலையத்தின் விளக்கப்படத்திலிருந்து கணிசமான அளவு வேறுபடுகிறது. இந்த உலையில்


8
1
2
5
7
4
3
6

வெப்பம் அகற்றி (சாதாரண தண்ணீர்) தொழில்நுட்ப பள்ளங்களின் (Technological Canals) வழியாகச் செல்லும்பொழுது நிறை வெப்பநிலை (Saturation temperature) வரை (ஆவியாகும்) சூடேற்றப்பட்டு, ஒரு பகுதி ஆவியாகிறது. எந்த உலைகளில் தண்ணீர் (அல்லது வேறு எந்த வெப்பம் அகற்றியாயினும்) ஆவியாக மாற்றப்படுகிறதோ அவை கொதிக்கும் உலைகள் என அழைக்கப்படுகின்றன.

உலையில் உருவான ஈரப்பதமான நீராவி (அதேநிறை வெப்பநிலையில் உருவான தண்ணீர், நீராவிக் கலவை) பிரிப்பானுக்குள் (Separator) நுழைகிறது. பிரிப்பான் ஈரப்பதமான நீராவியிலுள்ள தண்ணீரிலிருந்து உலர்ந்த நீராவியைப் பிரிக்கிறது. கிடைத்த உலர்ந்த நீராவி நீராவி டர்பைனுக்கு அனுப்பப்படுகிறது.

விளக்கப்படத்தின் வலது பக்கத்தில் நீராவிடர்பைன், மின்ஞக்கி, நீராவிக் குளிர்ப்பி, நீர் இறைக்கும் பம்பு ஆகியன காட்டப்பட்டுள்ளன. இந்தச் சாதனங்கள் வாசகருக்கு ஏற்கனவே அறிமுகமானவையாகும். குளிர்ப்பியிலிருந்து ஓரளவு சூடான தண்ணீர் உலைக்குள் அனுப்பப்பட்டுக் கிடைத்த நீராவி, தண்ணீரிலிருந்து பிரிக்கப்பட்டு

பள்ளங்களுடைய யுரேனியம்கிராபைட் உலையைக் கொண்டுள்ள அணுமின்நிலையத்தின் விளக்கப்படம்

1 — மின்ஞக்கி; 2 — நீராவி குளிர்ப்பி; 3 — குளிர்விக்கும் நீர்; 4 — உலை; 5 — நீராவி பிரிப்பான்; 6 — நீர் ஒன்றுதிரட்டி; 7 — நீராவி ஒன்றுதிரட்டி; 8 — நீராவி டர்பைன்

நீராவிடர்பைனுக்கு அனுப்பப்படுகிறது. இதுவே பள்ளங்களையுடைய கொதிக்கும், யுரேனியம்-கிராபைட் உலையைக் கொண்ட அணுமின்நிலையத்தின் வேலைத்தத்துவமாகும்.

1 மில்லியன் கி. வாட் திறன் கொண்ட (ஒவ்வொரு உலையின் திறன்) நிறைய உலைகள் உருவாக்கப்பட்டன. இது அணு ஆற்றலியலின் வளர்ச்சியின் மிக முக்கியமான கட்டமாகும். இந்த வரிசையில் வந்த முதல் உலை, 1973 ஆம் ஆண்டு இறுதியில் லெனின்கிராட் அணுமின்நிலையத்தில் பொருத்தப்பட்டு வேலைசெய்யத் துவங்கியது. அழுத்தம் 6.5 வளியமுத்தமாக, வெப்பநிலை ஏறக்குறைய 280°C இருக்கையில் RBMK — 1000 உலை ஆவியை உண்டாக்குகிறது. இந்த வகையான உலைகளைப் பயன்படுத்தி 4 — 6 மில்லியன் கி. வாட் திறன் கொண்ட அணு மின்நிலையங்களைக் கட்டுகிறார்கள். இவற்றின் திறனை மேலும் மேலும் அதிகரிப்பதைக் கொண்டுதான், RBMK உலைகளைப் பயன்படுத்தும் அணு மின்நிலையங்களின் வளர்ச்சியே உள்ளது.

சிறிதளவு பொருளாதாரம். இதுவரை நாம் மிகச் சுருக்கமாக, மூன்று வகையான மின்நிலையங்களின் (வெ.மி.நி, நீ.மி.நி, அ.மி.நி) அமைப்புக்களையும் அவற்றின் வேலைத்தத்துவங்களையும் பற்றி அறிந்துகொண்டோம். தற்பொழுது அவற்றின் மொத்த திறன் உலக மின்னாற்றல் தொகுதியின் திறனுக்குச்சமமாக உள்ளது.

இந்த மூன்றுவகை மின்நிலையங்களில் எது சிறந்தது? உதாரணமாக, வெ.மி.நி, நீ.மி.நி ஆகியவற்றின் பொருளாதார சிறப்பியல்புகளை ஒப்பிடுவோம்.

எந்த வகையான மின்நிலையமானாலும் சரி அதற்குப் பின்வரும் இரண்டு பொருளாதாரக் குறியெண்கள் மிகமுக்கியமானவையாகும். முதலாவது 1கி. வாட் மின்நிலையத் திறனுடைய (Installed power) அடக்கவிலை அதாவது மின் நிலையத்தை நிறுவுவதற்கான மொத்த செலவை (முதலீடு) மின்நிலையத்தின் திறனால் வகுப்பதால் கிடைக்கும் எண்; இரண்டாவது மின்நிலையம் உற்பத்திசெய்யும் 1கி. வாட்·மணி மின்னாற்றலின் அடக்கவிலை.

முதல் குறியெண் ஒரு அலகு முதலீட்டைக் குறிக்கும் (அதாவது 1கி. வாட் திறனுக்குச் செய்யப்படும் முதலீடு). இது மின்நிலையம் எவ்வளவு விலை மதிப்புடையது என்பதைக் காட்டுகிறது. இரண்டாவது குறியெண் — பொருளுடைய அடக்கவிலை. இது ஒரு பொருளை உற்பத்திசெய்வதற்காகும் செலவை அதாவது கச்சாப்பொருள், சாதனங்களைப் பழுதுபார்த்தல், ஊதியம் இன்னும் இதர பிற செலவுகளின் கூட்டுத்தொகையைக் குறிக்கிறது. நடைமுறையில், நீர் மின்நிலையத்தின் ஒரு அலகு முதலீடானது வெப்ப மின்நிலையத்தின் ஒரு அலகு முதலீட்டைவிட அதிகமாக உள்ளது. ஆனால், நீர் மின்நிலையத்தால் உற்பத்தி செய்யப்பட்ட ஒரு

கி. வாட்·மணி மின்னுற்றலின் அடக்கவிலையோ வெப்ப மின்நிலையத்தால் உற்பத்தி செய்யப்பட்ட ஒரு கி. வாட்·மணி மின்னுற்றலின் அடக்கவிலையைவிட குறைவாக உள்ளது.

ஆகவே இவ்விரண்டு குறியெண்களில் எந்தக் குறியெண்ணுக்கு அதிக முக்கியத்துவம் அளிப்பது?

நடைமுறையில், மேலே கூறப்பட்ட வை அனைத்துத் தொழிற்துறைக்கும் பொருந்தக் கூடியதாக அமைந்துள்ளன என்பது கண்கூடு. தொழிற்கூடங்களைக் கட்டும்பொழுது இதுபோன்ற பிரச்சினைகளைத் தீர்க்க வேண்டியது இன்றியமையாததாகும்.

குறிப்பாக, கம்பி வழியாக மின்சாரம் அனுப்புதல் குறித்துத் திட்டமிடுகையில் இத்தகைய பிரச்சினைகள் எழுகின்றன. கம்பியின் குறுக்கு வெட்டுப்பரப்பு அதிகரிக்க அதிகரிக்க, மின்னுற்றல் இழப்பு குறையும். அதேநேரத்தில் கம்பியின் விலைமதிப்பு அதிகரிக்கும். ஏனெனில் கம்பிகளை உற்பத்திசெய்ய விலையுயர்ந்த உலோகத்தை அதிகமாக உபயோகிக்கவேண்டிய நிர்பந்தம் ஏற்படும். மாறாக, குறைந்த குறுக்குவெட்டுப்பரப்பையுடைய கம்பியைப் பயன்படுத்துவோமேயானால் மின் இழப்பு அதிகமாகும். ஆனால் மின் பாதையைக் (Power line) கட்டுவதற்கு ஆகும் செலவு குறைகிறது.

இப்பிரச்சினைக்கு அறிவியல் அடிப்படையிலான தீர்வு காணுவது எப்படி?

அதிர்ஷ்டவசமாக, பொருளாதார அறிவியலானது இப்பிரச்சினையின் தீர்வுக்குத் திறவுகோலாக அமைகிறது. முதலில் நாம் மொத்த செலவு அல்லது கணக்கீட்டின்படியான செலவு என்றால் என்ன என்று பார்ப்போம்.

மொத்த செலவு $Y \frac{\text{கோப்பெக்கு}}{\text{கி.வாட்.மணி}}$ ஆனது பின்வரும் சூத்திரத்தைக் கொண்டு கணக்கிடப்படுகிறது

$$Y = \frac{100K \times \varphi}{\tau} + C,$$

இங்கு $K, \frac{\text{ரூபிள்}}{\text{கி.வாட்}}$; — ஒரு அலகு முதலீடு; $\tau, \frac{\text{மணி}}{\text{வருடம்}}$ — ஒரு வருடத்தில் மின்நிலையம் திட்டமிடப்பட்ட முழு திறனில் வேலைசெய்யும் நேரம், மணிகளில்; $C, \frac{\text{கோப்பெக்கு}}{\text{கி.வாட்}\cdot\text{மணி}}$ — $\frac{1}{\text{வருடம்}}$ மின்னாற்றலின் அடக்கவிலை; φ, — இக்கெழு, முதலீடு மீட்பு காலத்திற்கு (Payback period) எதிர்விகிதத்திலுள்ளது (சாதாரணமாக, $\varphi = 0.15$ என எடுத்துக் கொள்ளப்படுகிறது. அப்பொழுது முதலீடு மீட்பு காலம் 7 வருடங்களாகும்).

முதலீடு மீட்பு காலம் ஒரு பின்னத்தினால் வரையறுக்கப்படுகிறது என வைத்துக்கொண்டால், பின்னத்தின் மேலிலக்கத்தில் தொழிற்சாலை கட்டுவதற்கு ஆன செலவு அதாவது முதலீடும்

கீழிலக்கத்தில் அத்தொழிற்சாலே வேலேசெய் வதால் கிடைக்கும் வருடாந்திர இலாபமும் இருக்கும்.

மொத்த செலவு குறித்த சமன்பாட்டின் இரண்டாவது அங்கமானது மின்ஞற்றலின் அடக்கவிலே ஆகும்.

நாம் ஒவ்வொரு பண்டத்திற்கு (நம்முடைய நிகழ்ச்சியில், கி. வாட்·மணி மின்ஞற்றலுக்கு) விதிக்க விரும்பும் 'வரியை' அதாவது இலாபத்தை நமக்குச் சமன்பாட்டின் முதல் அங்கம் தருகிறது. மொத்த 'வரி' முதலீடு மீட்பு காலத்திற்குள் மின்நிலேயத்தைக் கட்டுவதற்கான முதலீட்டுக்குச் சமமாக வேண்டும். அதற்கு ஏற்ப ஒரு கி. வாட் மணி மின்ஞற்றலுக்கான 'வரி' நிர்ணயிக்கப்படு கிறது.

வரையறையின்படி, கெழு φ ஆனது முதலீடு மீட்பு காலத்திற்கு எதிர்விகிதத்திலுள்ளது. சமன் பாட்டிலுள்ள பின்னத்தின் மேலிலக்கத்திலுள்ள φ (இது முதலீடு மீட்புகாலம் கீழிலக்கத்தில் உள்ளதற்குச் சமமாகும்), ஒரு வருடத்தில் எத்தனே மணி நேரங்கள் மின்நிலேயம் வேலேசெய் கிறது என்பதைக் குறிக்கும் τ ஆகியவற்ருலான தொகுதியை எடுத்துக்கொண்டால் (அதாவது $\frac{\varphi}{\tau}$) அது நமக்கு மின்நிலேயத்தின் வேலே நேரத்தை மணிகளில் தரும். ஆனல் கிடைத்த இந்த நேரம் மின்நிலேயத்தின் வருட வேலேநேரமல்ல. அது முதலீடு மீட்புகாலத்தில் மின்நிலேயம்

வேலைசெய்யக்கூடிய நேரமாகும். ஆனால் மின் நிலையத்தின் ஒவ்வொரு கி. வாட் திறனும், முதலீடு மீட்பு காலத்திற்குள் கி. வாட்·மணிகள் மின்னாற்றலை உற்பத்திசெய்கிறது. எனவே மொத்த செலவு குறித்த சமன்பாட்டின் முதல் அங்கம் ஒரு கி. வாட்·மணி மின்னாற்றலை உற்பத்தி செய்வதற்கான முதலீட்டையே குறிக்கிறது. முதலீடு ரூபிள்களில் கொடுக்கப்பட்டுள்ள காரணத்தினால் அதை கோப்பெக்குகளாக்குவதற்குப் பின்னத்தின் மேலிலக்கத்தில் 100 சேர்க்கப்பட்டுள்ளது.

முதலீடு மீட்புகாலத்திற்கு எதிர்விகிதத்திலுள்ள φ ன் மதிப்பானது உண்மையானதாகவும் மாற்றி அமைக்கக்கூடியதாகவும் இருக்க வேண்டும். φ ன் மதிப்பு எவ்வளவுக்கெவ்வளவு அதிகமாக உள்ளதோ அவ்வளவுக்கவ்வளவு முதலீடு மீட்பு காலம் குறைவாக இருக்கும். இது பொருளாதாரக் கண்ணோட்டத்தில் சிறந்ததாகும். பொதுவாக, மூன்றுவகை மின்நிலையங்களுக்கும் ஒரே φ தான் எடுத்துக்கொள்ளப்படுகிறது.

ஆகவே, செலவு குறைவாக இருக்கும்பொழுதுமட்டுமே பொருளாதாரப் பயனுறுதிறன் அதிகமாக இருக்க முடியும்.

மேலும், உற்பத்திசெய்யப்பட்ட பண்டத்திற்கு (இங்கே கி. வாட்·மணி மின்னாற்றல்) விதிக்கப்படும் 'வரி' உற்பத்தியை அதிகரிக்க மற்றும் அரசாங்கச் செலவுகளுக்காகப் (நிர்வாகம், சமூக-பொருளாதார தேவைகள், பாதுகாப்பு, இன்னும்

இதுபோன்றவற்றிற்காக) பயன்படுத்தப்படுகிறது.

பலவகையான மின்நிலையங்களின் ஒரு அலகு முதலீடுகள், மின்னுற்றலின் அடக்கவிலைகள் போன்றவற்றின் சராசரி மதிப்புகள் அட்டவணை 1ல் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன. இவ்விவரங்களை மேலே கூறிய சூத்திரத்தில் மாற்றீடுசெய்தால் மொத்த செலவு கிடைக்கும். அதைக் கொண்டு வெப்ப மின்நிலையம், நீர் மின்நிலையம், அணுமின் நிலையம் ஆகியவற்றை ஒப்பிடலாம்.

சூத்திரத்தையும் அட்டவணை 1ஐயும் பயன் படுத்திப் பெறப்பட்ட பல்வேறு மின்நிலையங் களின் மொத்த செலவுகள் ஒன்றிலிருந்து ஒன்று அதிகம் வேறுபடுவதில்லை. நடைமுறையில் மொத்த செலவைக் கணக்கிடும்பொழுது, ஒரு அலகு முதலீடுகள், மின்னுற்றலின் அடக்கவிலைகள் போன்றவற்றின் சராசரி மதிப்புகளை எடுத்துக் கொள்ளக் கூடாது. ஏனெனில் அவை மின்நிலையத் திற்கு மின்நிலையம் வேறுபடும். ஆகவே ஒவ்வொரு மின்நிலையத்தைக் கட்டும்பொழுதும் அதைக் கட்டுவதற்கான உண்மையான சூழ்நிலைகள், அதைப் பயன்படுத்துகையில் எழும் பிரச் சினைகள் போன்றவற்றைக் கணக்கில் கொண்டு சேகரிக்கப்பட்ட விவரங்களைப் பயன்படுத்தியே மொத்த செலவைக் கணக்கிட வேண்டும்.

உதாரணமாக, வெப்ப மின்நிலையத்திற்கு அதன் அமைவிடம் மிகமுக்கியமானதாகும். வெப்ப மின்நிலையம் எரிபொருள் எடுக்கப்படும் இடத்திலிருந்து அதிதொலைவில் கட்டப்பட்டுள்

அட்டவணை 1

மின்நிலையத்தின் வகை	ஒரு அலகு முதலீடு ரூபிள் / கி.வாட்	மின்னுற்றலின் அடக்கவிலை கோப்பெக்கு / கி.வாட்.மணி
வெ.மி.நி	200	1.00
நீ.மி.நி	350	0.05
அ.மி.நி	370	0.80

ளதாக வைத்துக்கொள்வோம். அப்பொழுது எரிபொருளைக் கொண்டுவருவதற்கு ஆகும் செலவு அதிகரிப்பதன் காரணமாக, எரிபொருளின் விலை அதிகரிக்கும். எனவே உற்பத்திசெய்யப்படும் மின்னுற்றலின் அடக்கவிலை, மொத்த செலவு ஆகியவை அதிகரிக்கும். இக்காரணத்தினுல்தான் வெப்ப மின்நிலையங்களை எரிபொருள் கிடைக்கும் இடங்களுக்கு அருகாமையில் கட்டுகின்றனர். இக்காரணத்தினுலேயே சோவியத்து யூனியனுடைய ஐரோப்பிய பகுதியில் மேலும் வெப்ப மின்நிலையங்களைக் கட்டுவது பொருளற்றதாக உள்ளது. இப்பகுதியில் இலாபகரமான நீராற்றல் வளங்கள் ஏற்கனவே பயன்படுத்தப்படுவதால் அணுமின்நிலையங்களைக் கட்டுவதே மிகச் சிறந்ததாகும்.

ஆற்றலியலிலுள்ள பிரச்சினைகளும் இடர்பாடுகளும்

அங்கக, அணு எரிபொருள் சேமிப்புகள். *தற்காலத்தில், உலக நாடுகளின் வருட ஆற்றல் செலவீடானது பயன்படுத்தப்பட வாய்ப்புள்ள நிலக்கரி, இயற்கைவாயு, பெட்ரோலியம் சேமிப்பு கள் போன்றவை தரக்கூடிய மொத்த ஆற்றலில் 0.1% ஆகும். எல்லா விதமான ஆற்றல் வளங்களைப் பயன்படுத்துவது நாளுக்கு நாள் அதிகமாகிக் கொண்டே போகிறது. இப்படியே போனால் எதிர்காலத்தில் என்னவாகும்?*

இக்கேள்விக்குப் பதிலளிப்பதற்காக, உலகத்தில் மொத்தம் எவ்வளவு அங்கக எரிபொருள் (நிலக்கரி, இயற்கைவாயு, பெட்ரோலியம்) சேமிப்பு கள் உள்ளன என்பதைப் பார்க்க வேண்டும். இச்சேமிப்புகள் பொதுவானவை, எடுக்கக் கூடி யவை என இருவகைகளாகப் பிரிக்கப்படுகின்றன. எரிபொருள் அமைவிடத்திலுள்ள 100 % எரிபொ ருளையும் எடுப்பது என்பது நடைமுறையில் சாத்தியமல்ல. எவ்வளவு எரிபொருள் எடுக்கப் படுகிறது என்பதைக் குறிக்கும் எடுத்தல் கெழு (Extraction coefficient) *எரிபொருளின் வகை, அதன் அமைவிடத்தின் இயல்பு, அது எடுக்கப் படும் விதம் ஆகியவற்றைச் சார்ந்துள்ளது. இக்கெழுவின் மதிப்பு பெட்ரோலியத்திற்கு 0.3 — 0.4, இயற்கை வாயுவிற்கு 0.5 — 0.8; நிலக்கரிக்கு 0.25 — 0.5 ஆகும். நிலக்கரிப் பிரதேசங்களில்,*

பூமிக்கு அடியே மிக ஆழத்தில் புதையுண்டு கிடக்கும் ஏராளமான மெல்லிய நிலக்கரி பாளங்கள் எடுக்கப்படுவதில்லை. இக்காரணத்தினுல்தான் எடுத்தல் கெழுவின் மதிப்பு நிலக்கரிக்கு மட்டும் குறைவானதாக உள்ளது. வல்லுனர்களின் கணக்கீடுகளின்படி பூமியிலுள்ள மொத்த அங்கக எரிபொருள் வளங்கள் (நிலக்கரி, பெட்ரோலியம், இயற்கை வாயு) 4×10^{12} டன் சம எரிபொருளுக்கு அதாவது 4000 பில்லியன் டன் சம எரிபொருளுக்குச் சமமானது.

இது என்ன அதிகமா குறைவா!

1980 ஆம் ஆண்டு ஏறக்குறைய 10 பில்லியன் டன் சம எரிபொருளுக்குச் சமமான ஆற்றல் வளங்களை உலக நாடுகள் பயன்படுத்தின. 2000 ஆம் ஆண்டு இது 20 பில்லியன் டன்ஞகக்கூடும் என நிபுணர்கள் கருதுகின்றனர். இந்த எண்ணை நாம் ஏற்றுக்கொள்வோமேயாஞல், பூமியிலுள்ள அங்கக எரிபொருள் சேமிப்புகள்மட்டும் மனித இனத்திற்கு இன்னும் 200 வருடங்களுக்குப் போதுமானதாக இருக்கும். உண்மையில், நாம் இதைக் கூறுகையில் அதிவேகமாக வளர்ந்துவரும் அணு ஆற்றலியல் தரும் அணு எரிபொருள் சேமிப்புகள், நீர்வளம் மற்றும் வேறுசில ஆற்றல் தோற்றுவாய்கள் (சூரியன், பூமிக்கு அடியில் ஆழமான பகுதியிலுள்ள படலங்கள் வெளியிடும் வெப்பம் இன்னும் வேறுசில) போன்றவை தரக்கூடிய ஆற்றல்களைக் கணக்கில் எடுத்துக் கொள்வதில்லை.

நம்மிடமுள்ள அணு எரிபொருள் சேமிப்புகளின் அளவு என்ன? மனித இனத்திற்கு ஆற்றல் அளிப்பதில் அவற்றின் பங்குதான் என்ன?

நடைமுறையில் தோரியமானது (Th) இன்னும் ஆற்றலியலில் பயன்படுத்தப்படாத காரணத்தினால் (பூமியில் தோரியம் யுரேனியத்தைவிட அதிக அளவில் உள்ளது என பலவல்லுனர்கள் கருதுகிறார்கள்) தற்பொழுது நாம் யுரேனிய சேமிப்புகளைப் பற்றிமட்டுமே கூறுவோம்.

யுரேனியம் பூமியில் வெகுவாகப் பரவிக்கிடக்கிறது. ஆனால் கருங்கல், வேறுசில கனிமங்கள் மேலும் கடல்நீர் போன்றவற்றில் யுரேனியத்தின் செறிவு மிகக் குறைவாகவே இருக்கிறது. தாதுவில் தேவையான தனிமம் எவ்வளவுக்கெவ்வளவு குறைவாக உள்ளதோ அவ்வளவுக்கவ்வளவு அத்தனிமத்தைத் தாதுவிலிருந்து பிரித்தெடுப்பதற்கான செலவு அதிகரிக்கும். ஆகவேதான் யுரேனிய வளங்களைப் பற்றிப் பார்க்கும் பொழுது, 1கி.கி இயற்கை உலோக யுரேனியத்தின் (அதன் உள்ளடக்கம் U^{235} – 0.7 %, U^{238} – 99.3 %) விலையைப் பொறுத்து எவ்வளவு இயற்கை யுரேனியத்தை எடுக்க நமது பொருளாதாரம் இடமளிக்கிறது என்பதைத் தோராயமாகக் கணக்கிடுகின்றனர். இதுபோன்ற கணக்ீடுகளை அமெரிக்க வல்லுநர்கள் செய்தனர்.

அட்டவணை 2லிருந்து எரிபொருள் சேமிப்பு தரும் ஆற்றல் (தோரியத்தைக் கணக்கில்

இயற்கை உலோக யுரேனியத்தின் விலை வரம்பு டாலர் கி.கி	அணு உலையின் வகை	எடுக்கப்படும் உலோக யுரேனியத்தின் ஆற்றலுக்குச் சமமான சம எரிபொருள் டன்களில்
200	வெப்ப நியூட்ரான் களில்	10^{12}
	அதிவேக நியூட்ரான் களில்	10^{14}
500	வெப்ப நியூட்ரான் களில்	10^{13}
	அதிவேக நியூட்ரான் களில்	

எடுக்காவிட்டால்கூட) மிக அதிகமானது என்று தெரியவருகிறது.

200 டாலர் விலையுள்ள 1கி.கி இயற்கை யுரேனியத்தை வெப்ப நியூட்ரான்களில் வேலைசெய்யும் உலையில் பயன்படுத்துவோமேயானால், அது தரும் ஆற்றல் ஏறக்குறைய தற்பொழுது எடுக்கப்படும் அங்கக எரிபொருள் சேமிப்புகள் (நிலக்கரி, வாயு, பெட்ரோலியம் ஆகியவற்றின் மொத்த) தரும் ஆற்றலுக்குச் சமமாக இருக்கும். ஆனால் 500 டாலர் விலைமதிப்புள்ள 1கி.கி இயற்கை யுரேனியத்தை வேகக நியூட்ரான் களில் வேலைசெய்யும் உலைகளில் பயன்படுத்தினல்

கிடைக்கும் ஆற்றல், தற்பொழுது எடுக்கப்படும் அங்கக எரிபொருள் சேமிப்புகள் தரும் ஆற்றலைவிட 1000 மடங்கு அதிகமாக இருக்கும். அணு எரிபொருளின் விலை (1டன் சம எரிபொருளில் கணக்கிடப்படும்பொழுது) அது (எடுக்கப்பட்ட யுரேனியம்) பயன்படுத்தப்படும் உலையின் வகையைச் சார்ந்துள்ளது. 200 டாலர் விலைமதிப்புள்ள 1கி.கி இயற்கை யுரேனியத்தை வெப்ப நியூட்ரான்களில் வேலைசெய்யும் உலைகளில் பயன்படுத்தும்பொழுது அணு எரிபொருளின் விலை (1 டன் சம எரிபொருளில் கணக்கிடப்படும்பொழுது) 10 ரூபிள் / டன்சமஎரிபொருள் ஆக உள்ளது. ஆனால் அதே இயற்கை யுரேனியத்தை வேக நியூட்ரான்களில் வேலைசெய்யும் உலைகளில் பயன்படுத்துவோமேயானால் அணு எரிபொருளின் விலை 10 கோபெக்கு / டன் சம எரிபொருள் ஆக இருக்கும். இப்பொழுது 500 டாலர் விலைமதிப்புள்ள 1கி.கி இயற்கை யுரேனியத்தை எடுத்துக்கொள்வோம். அதை வெப்ப நியூட்ரான்களில் வேலைசெய்யும் உலையில் பயன்படுத்தினால் அணு எரிபொருளின் விலை 25 ரூபிள் / டன் சம எரிபொருள் ஆக இருக்கிறது. அதையே அதிவேக நியூட்ரான்களில் வேலைசெய்யும் உலையில் பயன்படுத்தினால் அணு எரிபொருளின் விலை 25 கோப்பெக்கு / டன் சம எரிபொருள் ஆக இருக்கும்.

நாம் இதுவரை கூறியவற்றிலிருந்து அங்கக, அணு எரிபொருள் சேமிப்புகளின் அளவு மிக

அதிகம்; ஆகவே நாகரிக அழிவிற்குக் கொண்டு போய்விடும் ஆற்றல் பற்ருக்குறையானது மனித இனத்திற்கு எப்பொழுதுமே ஏற்படாது என்ற முடிவுக்கு வரமுடியும்.

தற்காலத்தில் ஏற்பட்டுள்ள ஆற்றல் பற்ருக்குறைக்கான காரணங்கள்தான் என்ன? அங்கக எரிபொருள், அணு எரிபொருள் இவையிரண்டும் மீண்டும் புதுப்பிக்கமுடியாத ஆற்றல்களாகும். இதுவரை பயன்படுத்தப்பட்ட எரிபொருளின் அளவு அவ்வளவு அதிகமாக இல்லாத காரணத்திஞல் அவ்வெரிபொருட்களே மீண்டும் புதுப்பிப்பது குறித்து யாரும் சிந்திக்கவில்லே. ஆளுல் தற்காலத்தில் அங்கக எரிபொருட்களே, குறிப்பாக, பெட்ரோலியத்தைப் பயன்படுத்துவது மிகவும் அதிகமாகியுள்ளது. பெட்ரோலியத்தைக் காய்ச்சி வடிக்கும்பொழுது கிடைக்கும் பொருட்களே (பெட்ரோல், டீசல், மண்ணெண்ணெய்) உபயோகிக்கும் போக்குவரத்து சாதனங்கள், விமானங்கள் போன்றவை மிக அதிகமாக உற்பத்திசெய்யப்பட்டுப் பயன்படுத்தப்படுவதால் பெட்ரோலிய உபயோகம் அதிகமாகியுள்ளது. 1970 ஆம் ஆண்டு பயன்படுத்தப்பட்ட அங்கக எரிபொருளில், 70 % பெட்ரோலியமும் இயற்கை வாயுவும்தான். ஆளுல் இயற்கையிலுள்ள அங்கக எரிபொருள் சேமிப்புகளில், பெட்ரோலியம், இயற்கை வாயு 20 % க்கும் குறைவாகவே உள்ளது. பெட்ரோலியத்தின் உலக விலே மிகவும் அதிகம், பெட்ரோலிய வளம் உலக நாடுகளுக்கிடையே

சரிசமமாகப் பங்கிடப்படவில்லை இருந்தாலும் மற்ற ஆற்றல் தோற்றுவாய்களைவிடப் பெட்ரோலியம் அதிகமாகப் பயன்படுத்தப்படுகிறது.

ஆகவே, பெட்ரோலிய உபயோகத்தை ஓரளவு குறைப்பதற்காகப் பின்வருவனவற்றைச் செய்ய வேண்டியது இன்றியமையாததாக உள்ளது: அணு எரிபொருள், நிலக்கரி போன்றவற்றை அதிகமாகப் பயன்படுத்த வேண்டும்; உயர்தர திரவ எரிபொருளை (பெட்ரோல், மண்ணெண்ணெய், டீசல்) மட்டும் உபயோகிக்கும் சாதனங்கள் இருப்பதால், நிலக்கரியிலிருந்து செயற்கைத் திரவ எரிபொருளைப் பெறுவதற்கான, பொருளாதாரக் கண்ணோட்டத்தில் சிறந்த செயல்முறைகளை உருவாக்கி அச்செயற்கை திரவ எரிபொருளைப் பரவலாகப் பயன்படுத்த வேண்டும்; திரவ எரிபொருளைப் பயன்படுத்தும் சாதனங்களில் ஒருசிலவற்றையாவது வேறு ஆற்றல் தோற்றுவாய்களைப் பயன்படுத்துவதற்கு ஏற்படி மாற்றியமைக்க வேண்டும். ஆனுல் இதை நம்மால் எப்பொழுது செய்ய முடியும் என்பதைத் தற்பொழுது கூறுவது கடினமாகும்; சூரியன் நீர், காற்று, கடல் அலைகள், பூமிக்கு அடியே ஆழமான பகுதிகளில் இருக்கும் படலங்களின் வெப்பம் போன்ற ஆற்றல் தோற்றுவாய்களை நன்கு பயன்படுத்துவதற்கான முறைகளை உருவாக்கி, அவற்றைப் பரவலாகப் பயன்படுத்த வேண்டும்; மேலும் எல்லா வழிகளிலும் ஆற்றல் வளங்களைச் சிக்கனப்படுத்த வேண்டும் (இப்புத்தகத்தை வாசிக்

கும் அனைவரும் தங்களால் முடிந்த அளவு ஆற்றல் வளங்களைச் சிக்கனப்படுத்த வேண்டும்).

ஆற்றலை ஓரிடத்திலிருந்து இன்னொரு இடத்திற்கு அனுப்புதல். மின்னாற்றலைப் பயன்படுத்துவது ஆண்டுக்கு ஆண்டு அதிகமாகிக்கொண்டேவரு கிறது. நாம் மின்நிலையங்களின் அமைவிடங் களைத் தேர்ந்தெடுக்கையில் பல விஷயங்களைக் கணக்கில் கொள்ள வேண்டியுள்ளது. நீர்மின் நிலையத்தின் அமைவிடம் நீர் வளத்தைக் கொண்டு நிர்ணயிக்கப்படுகிறது. வெப்பமின்நிலையத் திற்கு அது எரிபொருள் எடுக்கப்படும் இடம், தண்ணீர் வசதி ஆகியவற்றைப் பொறுத் துள்ளது. ஆனால் அணுமின்நிலையத்திற்கோ அமை விடம் அவ்வளவு முக்கியமல்ல. இருப்பினும் அது தண்ணீர் வசதியுள்ள இடங்களுக்கு அருகாமையில் கட்டப்படுகிறது (நீராவியைக் குளிர்விப்பதற்காக நிறைய தண்ணீர் தேவைப்படுகிறது). மின் உபயோகம் அதிகரித்ததினால் மின் உற்பத்தி அதிகரிக்கப்பட்டது, மின்நிலையத்தின் அமைவிடத் தைச் சுதந்திரமாகத் தேர்ந்தெடுக்க வாய்ப்பில் லாமை போன்ற காரணங்களால் ஆற்றலை ஓரிடத்திலிருந்து இன்னொரு இடத்திற்கு அனுப் புவது குறித்த பிரச்சினை நவீன ஆற்றலியலின் ஒரு முக்கியமான பிரச்சினையாகக் கருதப்படுகிறது.

வெப்பமின்நிலையம், நீர்மின்நிலையம் ஆகியவற் றின் அமைவிடங்களைத் தேர்ந்தெடுக்கையில் போக்குவரத்துச் செலவுகளைக் கண்டிப்பாகக்

கணக்கில் எடுத்துக்கொள்ள வேண்டும். வெப்பமின்நிலையத்தின் போக்குவரத்துச் செலவு என்பது கம்பிகளின் வழியாக மின்சாரம் அனுப்புவதற்கு மற்றும் இரயில் மூலம், குழாய் வழியாக எரிபொருளைக் கொண்டுவருவதற்கு ஆகும் செலவுகளாகும். இச்செலவுகளைப் பரிசீலித்து அவற்றை ஒன்றுடன் ஒன்று ஒப்பிட்டு எந்த முறை இலாபகரமானது என்பதைத் தீர்மானிக்கலாம். ஆனால் நீர்மின்நிலையத்தின் போக்குவரத்துச் செலவு என்பது மின்சாரத்தை அனுப்புவதற்குமட்டும் ஆகும் செலவாகும்.

தற்காலத்தில், பெட்ரோலியம், பெட்ரோலியத்தைக் காய்ச்சிவடிக்கும்பொழுது கிடைக்கும் பொருட்கள் போன்றவற்றைக் குழாய்களின் மூலமாகக் கொண்டுவருவது இலாபகரமான முறையாகக் கருதப்படுகிறது. அடுத்த இலாபகரமான முறை, அவற்றை எண்ணெய்க்கப்பல்களில் கொண்டுவருவதே. பெட்ரோலியத்தைக் கொண்டுவருவதற்கு ஆகும் செலவு குறைவான காரணத்தினால் பெட்ரோலியத்தின் உலகவிலை அது பயன்படுத்தப்படும் இடத்தைச் சார்ந்து அமைவதில்லை. பெட்ரோலியம் மற்ற எல்லாத் திரவங்களைப்போலவே சுருங்காத்தன்மையுடையது. ஆகவே அதைக் குழாய்களின் மூலம் அனுப்புவதற்குக் குறைந்த அளவு ஆற்றலைச் செலவு செய்தாலே போதும். ஏனெனில் குழாய்களில் ஏற்படும் உராய்வு விசையைச் சமாளிப்பதற்காகமட்டுமே ஆற்றல் செலவிடப்படுகிறது. மின்

நிலையங்களில் பெட்ரோலியம் மற்றும் அதன் வினைப்பொருட்களைப் பயன்படுத்துவது குறைந்துகொண்டேவருகிறது. வருங்காலத்தில் இது மிகவும் குறையக்கூடும்.

வாயு சுருங்கும் தன்மையுடைய காரணத்தினால் பெட்ரோலியக் குழாய்வழிகளில் (Pipe—lines) பயன்படுத்தப்படும் பம்புகளுக்குப் பதிலாக வாயுக் குழாய்வழிகளில் அமுக்கிகள் (Compressors) பயன்படுத்தப்படுகின்றன. அமுக்கிகள் பம்புகளைவிட விலையுயர்ந்தனவாக இருப்பதனால் இயற்கை வாயுவைக் குழாய்வழியாக அனுப்புவதற்கு ஆகும் செலவு அதிகரிக்கிறது.

வாயுவைத் திரவநிலையில் அனுப்புவது சிறந்த முறையாகும். அவ்வாறு அனுப்புகையில் வாயுவை அனுப்புவதற்காகும் ஆற்றல் செலவீடு வெகுவாகக் குறைகிறது. வாயுநிலையில் அனுப்பக்கூடிய அதே அளவு வாயுவைத் திரவ ரூபத்தில் அனுப்புகையில் அதிக விட்டமுடைய குழாய்களுக்குப் பதிலாக, குறைந்த விட்டமுடைய குழாய்கள் பயன்படுத்தப்படலாம்.

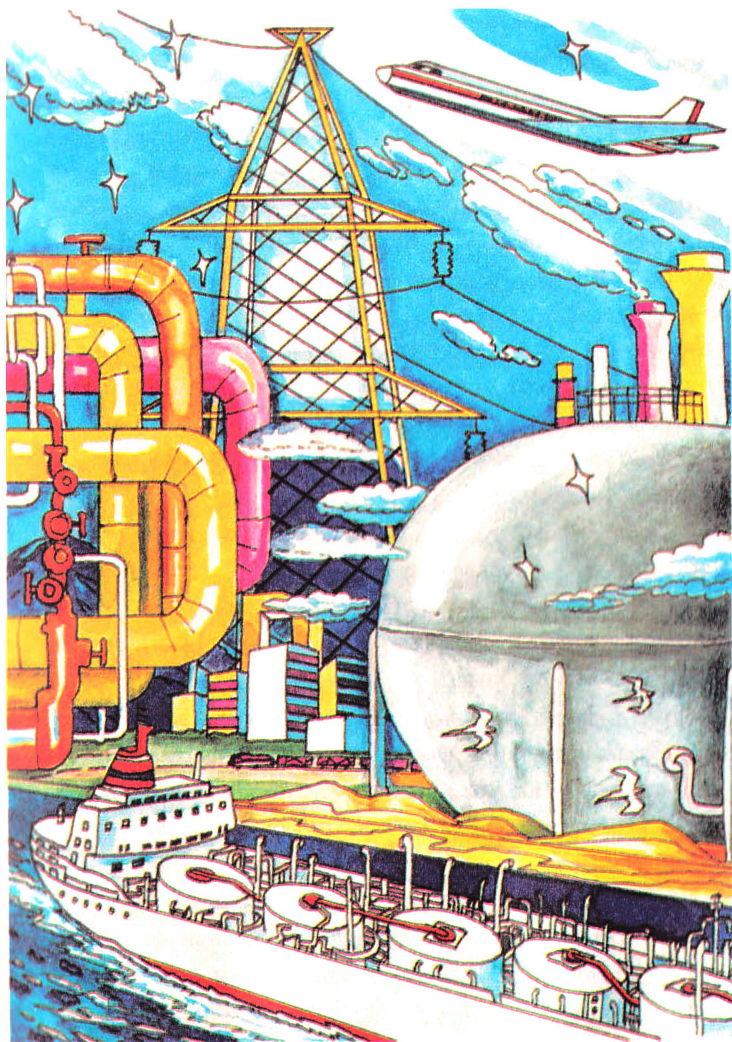
நிலக்கரியை அதிதொலைவான இடங்களுக்குக் கொண்டுசெல்வதற்கு இரயில் வண்டிகள், கப்பல்கள் போன்றவை பயன்படுத்தப்படுகின்றன.

சமீபகாலத்தில் நிலக்கரியைப் பெட்டிகளில் அடைத்துக் குழாய்களின் வழியாக அனுப்புகின்றனர். அல்லது நிலக்கரியைப் பொடியாக்கி அதனுடன் 50 % தண்ணீரைக் கலந்து அக்கலவையைக் குழாய்களின் வழியாக அனுப்புகின்றனர்.

இம்முறையில் அனுப்புவது மிகவும் இலாப கரமானது என்பது கண்கூடு.

மின்னாற்றலை ஓரிடத்திலிருந்து இன்னொரிடத் திற்கு செலுத்துவதற்கு மின்பாதைகளைப் (Power lines) பயன்படுத்துகின்றனர். அவற்றின் பணி களில் ஆற்றலை ஓரிடத்திலிருந்து இன்னொரிடத் திற்கு செலுத்துவதுமட்டுமின்றி மின்நிலையங்கள், மின் அமைப்புக்கள் போன்றவற்றிற்கிடையே தொடர்பு ஏற்படுத்துவதும் அடங்கும்.

தற்பொழுது மின் பாதையின் பொருளாதாரக் குறியெண்கள் (ஒரு அலகு முதலீடு, பயன் படுத்துவதற்கு ஆகும் செலவு), பெட்ரோலியக் குழாய் வழி, வாயுக்குழாய் வழி போன்றவற்றின் பொருளாதாரக் குறியெண்களைவிட மோசமா கவே உள்ளன. மின் வழிகளின் மூலம் அதிதொ லைவிலான இடங்களுக்கு மின்சாரத்தை அனுப் புகையில் மின்னழுத்தத்தை முடிந்தளவு அதி கரிக்க வேண்டும். ஏனெனில் மின்னழுத்தம் அதிகமானால் மின்னோட்டம் குறையும். அதன் விளைவாகக் கம்பிகளில் ஏற்படும் மின் இழப்பும் குறையும். மின்னாற்றல் வெப்ப ஆற்றலாக மாறி வெளியேறுவதன் காரணமாகவே மின் இழப்பு ஏற்படுகிறது. மின் பாதையின் மின்னழுத் தத்தை நாம் நினைத்தபடி அதிகரிக்க முடியாது. இதற்கு நமக்குத் தடையாக இருப்பது காற்றின் கடத்தும் தன்மையேயாகும் (Conductivity). தற்காலத்தில் மின் வழிகளை ஆகாயத்தில் அமைக்கின்றனர். மின்சாரம் பாயக்கூடிய உலோகக்



கம்பிகள், கம்பங்கள், மின் காப்புகள் (Insulators) ஆகியவற்றின் உதவிகொண்டு ஆகாயத்தில் தொங்க விடப்படுகின்றன. இவ்விடங்களிலுள்ள காற்றின் மின் தடை அதிகமாக இருக்க வேண்டும். ஆனல் துரதிருஷ்டவசமாக மின்னழுத்தம் ஒருகுறிப்பிட்ட அளவுக்கு மேல் போனல் காற்றின் கடத்தும்தன்மை அதிகரிக்க ஆரம்பிக்கிறது. இது விரும்பத்தகாத ஒன்ருகும். தற்காலத்தில், நேர் மின்னேட்டம், மாறு மின்னேட்டம் போன்றவற்றில் வேலைசெய்யும் மின் பாதைகள் பரவலாகப் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. இவ்விரு வகை மின் பாதைகளும் தங்களுக்கே உரித்தான ஒருசில நிறைகளையும் குறைகளையும் கொண்டுள்ளன.

நேர் மின்னேட்ட மின் பாதைகளைப் பயன்படுத்துவது நாளுக்கு நாள் அதிகமாகிக் கொண்டேவருகிறது. ஏனெனில் இவற்றின் மின்னழுத்த வரம்பு அதிகமாகும் (மாறு மின்னேட்ட மின் பாதைகளைவிட 1.5 — 2 மடங்கு). இக்காரணத்தினல் இந்த மின் பாதைகளை அதி தொலைவிலான இடங்களுக்கு மின்சாரம் செலுத்துவதற்குப் பயன்படுத்தலாம்.

நேர் மின்னேட்ட மின் பாதையுடைய குறை என்னவென்ருல், அதற்கு இரண்டு மாற்றிகள் (Convertors) தேவைப்படுகின்றன. முதல் மாற்றி, மின் பாதை தொடங்குமிடத்திலுள்ளது. இது மாறு மின்னேட்டத்தை நேர் மின்னேட்டமாக மாற்றுவதற்கானதாகும். இரண்டாவது, மின்

பாதை முடியுமிடத்திலுள்ளது. இது நேர் மின்னேட்டத்தை மீண்டும் மாறு மின்னேட்டமாக மாற்றுகிறது. சமீபகாலத்தில் இவ்விரு மின்னேட்டங்களை ஒன்றிலிருந்து ஒன்று மாற்றுவதற்கான சாதனங்கள் மிக நவீனப்படுத்தப்பட்டுள்ளன. (இச்சாதனங்களில், வெற்றிடத்திற்குப் பதிலாக அரைக்கடத்திப் பொருட்கள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன). இருந்தாலும் மாற்றிகளின் விலை இன்னும் அதிகமாகவே உள்ளது.

பண முதலீட்டைச் சிக்கனப்படுத்துவதற்காக நேர்மின்னேட்டத்தில் வேலைசெய்யும் மின்பாதைகளில் இரண்டு மாற்றிகள்மட்டுமே பொருத்தப்படுகின்றன. இவ்விருமாற்றிகளுக்கிடையே உள்ள மின்பாதையிலிருந்து மின்சாரத்தை எடுத்துப் பயன்படுத்த முடியாது. வருங்காலத்தில், நேர் மின்னேட்டத்தில் வேலைசெய்யும் மின்பாதைகள் அதிதொலைவிலான இடங்களுக்கு (உதாரணமாக, நிலக்கரி வளம், நீர்வளம் அதிகமாக உள்ள கிழக்கு சைபீரியாவிலிருந்து சோவியத்து யூனியனின் ஐரோப்பியப் பகுதிக்கு) மின்சாரம் செலுத்துவதற்குப் பயன்படுத்தப்படும்.

சோவியத்து யூனியனில் நேர் மின்னேட்டம் மற்றும் மாறு மின்னேட்டங்களில் வேலைசெய்யும் நவீன மின் பாதைகளை அமைப்பதில் வெற்றிகண்டுள்ளனர். 750 கி. வாட் (750 ஆயிரம் வாட்) மின்னழுத்தத்தில் வேலைசெய்யும் மாறு மின்னேட்ட மின் பாதைகள் ஏற்கனவே பயன்படுத்தப்படுகின்றன. தற்பொழுது 1150

கி. வாட் மின்னழுத்தத்தில் வேலைசெய்யக்கூடிய மாறு மின்னோட்ட மின் பாதை அமைப்பது குறித்த பணி செய்யப்பட்டுவருகிறது. 800 கி. வாட் (± 400 கி. வாட்) மின்னழுத்தத்தில் வேலைசெய்யும் நேர்மின்னோட்ட மின் பாதை ஏற்கனவே கட்டப்பட்டுவிட்டது. தற்பொழுது 1500 கி. வாட் (± 750 கி. வாட்) மின்னழுத்தத்தில் வேலைசெய்யக்கூடிய நேர் மின்னோட்ட மின் பாதையை உருவாக்குவதற்கான பணி மேற்கொள்ளப்படுகிறது.

மின்னூற்றலைக் கம்பிகளின் மூலம் அனுப்பும் முறைக்கு நல்ல எதிர்காலம் உண்டு. தற்பொழுது ஆகாய மார்க்கமாக மட்டுமல்லாமல் பூமிக்கு அடியிலேயும் வட மின் பாதைகளை (Cable power line) அமைக்கின்றனர். மின்வடம் என்பது ஒரு காற்றுபுகா உறைக்குள் வைக்கப்பட்டுள்ள காப்பிடப்பட்ட மின்கம்பியாகும்.

தற்பொழுது திட்டமிடப்பட்டுக் கொண்டிருக்கும் பல்வேறு வட மின் பாதை மாதிரிகளுள் ஒன்றில், குறைந்த மின் கடத்தும் தன்மை, அதிக மின்வலிமையுடைய அதிக அழுத்தத்திலான வாயுவைக் காப்பீடுசெய்வதற்குப் பயன்படுத்தலாம் என ஆலோசனை கூறப்படுகிறது. ஏற்கனவே தொழில்நுட்பவியலில் பயன்படுத்தப்படும் சல்பர் ஹெக்சாப்ளோரைடை (SF_6) இந்த வாயுவாக உபயோகிக்கலாம். இவ்வாயு மின் தொழில்நுட்ப வல்லுனர்களின் மத்தியில் மின்வாயு என அழைக்கப்படுகிறது.

மின்பாதை வளர்ச்சிக்கான இன்னொரு வழி கடுங்குளிர் மின்பாதைகள் (Cryogenic power-lines), மிகை கடத்து மின்பாதைகள் (Super Conducting powerline) போன்றவற்றை உருவாக்குவதேயாகும். வெப்பநிலை குறையும் பொழுது உலோகங்களின் (குறிப்பாகச் சுத்தமான) மின்தடை குறையும் என்ற உண்மையை அடிப்படையாகக் கொண்டு கடுங்குளிர் மின் பாதைகள் உருவாக்கப்படுகின்றன. உதாரணமாக, சுத்தமான அலுமினியத்தை 20K (−253°C— இது திரவ ஹைடிரஜனின் வெப்பநிலையாகும்) வெப்பநிலைவரை குளிர்வித்தால் அதன் மின்தடை ஏறக்குறைய 500 தடவைகள் குறையும்.

மிகை கடத்து மின்பாதைகளை உருவாக்குவதற்கு மிகை கடத்தும் தன்மை இயற்பாடே அடிப்படையாக விளங்குகிறது. இன்று இந்த இயற்பாடு நடைமுறையில் பயன்படுத்தப்படுவதால் பல்வேறு துறைகளில் தொழில்நுட்ப வளர்ச்சி ஏற்பட்டுள்ளது. ஒருசில சுத்தமான உலோகங்கள், கலவைகள் மிகக் குறைந்த வெப்பநிலைகளில் மிகைகடத்து திறனைப் பெறுகின்றன. அதாவது அவற்றின் மின் தடையானது சுழிக்குச் சமமாகிறது. இதுவே மிகை கடத்து தன்மை இயற்பாட்டின் உட்கருவாகும். மிகை கடத்து தன்மை ஏற்படக்கூடிய வெப்பநிலை மாறுதான வெப்பநிலை (Critical temperature) என அழைக்கப்படுகிறது. ஆனால் மிகைகடத்துதன் மையை அடைவதற்குக் கடத்திகளை ஏறக்குறைய

திரவ ஹீலியத்தின் வெப்பநிலைக்கு (திரவ ஹீலியத்தின் வெப்பநிலை = 4.2 K அல்லது −268.8°C) குளிரச்செய்ய வேண்டியது இன்றியமையாததாக உள்ளது.

மேற்கூறியதைவிட அதிக மாறுதான வெப்பநிலையுடைய மிகைகடத்துப் பொருட்கள் இருக்கலாம் என்பதை அறிவியல் மறுக்கவில்லை. கிட்டத்தட்ட அறை வெப்பநிலையை மாறுதான வெப்பநிலையாகக் கொண்ட மிகைகடத்துப் பொருட்கள் கண்டுபிடிக்கப்படுமேயானால் அது எவ்வளவு பெரிய சாதனையாக இருக்கும் என்பதை நீங்களே நினைத்துப்பாருங்கள். ஆனால், இதுவரை, திரவ நைட்டிரஜனுடைய வெப்பநிலையில் (−196°C) மிகைகடத்துத்தன்மையைப் பெறக் கூடிய பொருட்கள்கூடக் கண்டுபிடிக்கப்படவில்லை. இத்திசையில் பணி தொடருகிறது.

மிகைகடத்து வடத்தின் கட்டமைப்பு (Construction) பின்வருமாறு. மிகைகடத்துக் கம்பி திரவ ஹீலியம் நிரப்பப்பட்டுள்ள குழாயுக்குள் வைக்கப்படுகிறது. குழாயின் வெளிப்புறம் நன்கு வெப்பக்காப்பீடு செய்யப்பட்டுள்ளது. மிகை கடத்துப் பொருளாக, உதாரணமாக, 9.7 K (−263.3°C) மாறுதான வெப்பநிலையுடைய நியோபியம், டைடானியம், சிர்கோனியம் போன்றவையடங்கிய கலவை பயன்படுத்தப்படலாம்.

இப்பொழுது, மிகைகடத்து மின்வழிகளின் மேம்பாடு நன்கு தெரிகிறது. அவற்றில் மின்னாற்றல் இழப்பு ஏற்படுவதில்லை. மேலும் கம்பி

செய்யப்படும் உலோகம் அதிகமான அளவு சிக்கனப்படுத்தப்படுகிறது. உண்மையில், மிகை கடத்துப் பொருட்களின் விலைமதிப்பு தற்பொழு துகூட அதிகமாகவே உள்ளது. ஆனால் அதன் உற்பத்தி அதிகமானால் அதன் விலை வெகுவாகக் குறையலாம் என நம்பப்படுகிறது. மிகை கடத்து பொருளில் குறைந்த வெப்பநிலையைப் பேணுவதற்கு அதிக ஆற்றல் செலவும் குளிர் சாதனங்களும் தேவைப்படும்.

கடுங்குளிர் மின்பாதைகள், கட்டமைப்பு, மேம்பாடுகள், குறைகள் போன்றவற்றில் மிகை கடத்து மின்பாதைகளை ஒத்திருக்கின்றன எனக் கூறலாம்.

ஆற்றலை ஒரிடத்திலிருந்து இன்னொரு இடத்திற்கு அனுப்புவதிலுள்ள பிரச்சினைகளைப் பற்றிய நமது உரையை முடிப்பதற்குமுன் நல்ல வருங்காலம் இருக்கக்கூடும் எனக் கருதப்படுகிற இன்னொரு ஆற்றல் அனுப்பு முறையைப் பற்றி மிகச் சுருக்கமாகப் பார்ப்போம். இம்முறையின் அடிப் படைக் கருத்துகள் அவ்வளவு புதியனவாகவும் அசாதாரணமாகவும் இருப்பதால் அவற்றை நிறைவேற்றுவதற்கான சாத்தியக்கூறுகளை மதிப் பிடுவது மிகவும் கடினமாகும் ஆகவேதான் நாம் 'நல்ல வருங்காலம் இருக்கலாம்' என்றுமட் டும்கூறுகிறோம்.

நம்மைச் சுற்றியுள்ள இயற்கைக்குப் பாதிப்பு நேராமல் பாதுகாப்பதற்காகப் பூமியில் அமைக் காமல் பூமிக்கு அருகிலான விண்வெளியில் அமைக்கப்

படவிருக்கும் திறன்வாய்ந்த அணுமின்நிலையங்கள் அல்லது சூரிய மின்நிலையங்களைப் பற்றியே இப்பொழுது நாம் கூறிக்கொண்டிருக்கிறோம். இந்த நிலையங்களில் உற்பத்தி செய்யப்பட்ட மின்னாற்றலை, மிக அதிக அலைவெண்ணுடைய மின்காந்தக் கதிரியக்கத்தின் உதவியால் பூமிக்கு அனுப்பலாம். ஆனால் இந்தக் கதிர்கள் ஒளிக் கதிர்களைப்போலவே குவியும் தன்மையுடைய காரணத்தினால் ஒருகுறிப்பிட்ட நிலையத்திற்குமட்டுமே அவற்றை அனுப்ப முடியும்.

ஆற்றலைச் சேமித்தல். ஆற்றலைச் சேமிப்பதற்காகப் பலவிதமான சேமக்கலங்கள் உள்ளன. அவற்றில் கவனத்தை ஈர்க்கக்கூடிய ஒருசிலவற்றைப் பற்றி நாம் இங்கு கூறுவோம்.

இயந்திர சேமக்கலங்கள் (Mechanical accumulators). நீர்-மின் சேமக்கலனையுடைய மின் நிலையத்தின் (Hydroelectric pumped storage power plant) விளக்கப்படம் காட்டப்பட்டுள்ளது. இம்மின்நிலையத்தில், தேவைக்கு அதிகமாக உள்ள மின்னாற்றலை (மின்னாற்றல் குறைவாகப் பயன்படுத்தப்படும்பொழுது) நீர்-மின் சேமக்கலத்தின் கீழ்த் தொட்டியிலிருந்து மேல் தொட்டிக்குத் தண்ணீரை இறைப்பதற்குப் பயன்படுத்துகின்றனர். அதாவது 'மிஞ்சிய' மின்னாற்றல் இயந்திர ஆற்றலாக (நிலை ஆற்றலாக) மாற்றப்படுகிறது. மின்னாற்றல் அதிகமாகத் தேவைப்

படும் நேரத்தில் மேல் தொட்டியிலிருந்து கீழ்த் தொட்டிக்குத் தண்ணீரை அனுப்புகின் றனர். அப்பொழுது தண்ணீர் நீர் டர்போ ஜெனரேட்டர் வழியாகப் பாய்வதன் விளைவாக மின்னுற்றல் உற்பத்தி செய்யப்படுகிறது.

படத்தில், மேல்தொட்டி, கீழ்த்தொட்டி, அவற்றை இணைக்கும் குழாய் மற்றும் வேலைச் சுமையை (Load) அடிக்கடி மாற்றுமல் சீராக வேலைசெய்யும் பிரதான மின்நிலையம் ஆகியன காட்டப்பட்டுள்ளன. பம்பு-டர்பைன் சாதனம் என்பது பம்பாகவும் நீர் டர்பைனுகவும் வேலை செய்ய வல்லது. அது மோட்டார்-மின்னுக்கியுடன் இணைக்கப்பட்டுள்ளது. இச்சாதனத்தால் பம்பை இயக்குவதற்கான மின்மோட்டாராகவும் மின்னுக் கியாகவும் வேலைசெய்ய முடியும்.

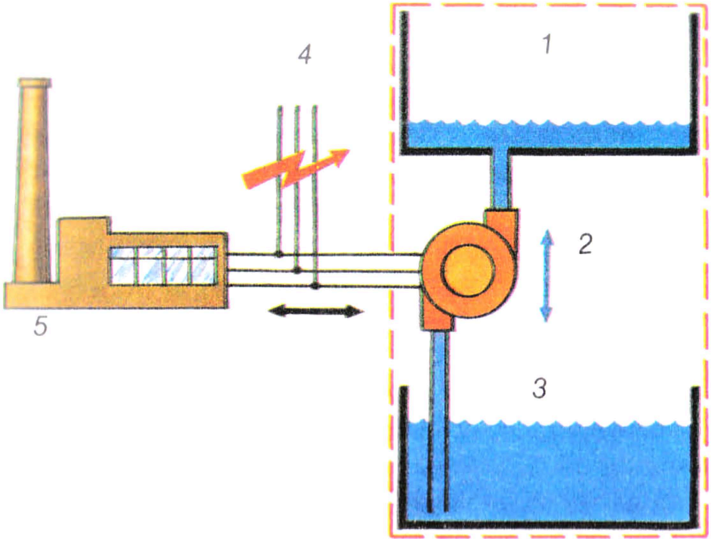
தற்காலத்தில் மின்நிலையத்தின் சிறந்த ஆற்றல் சேமிப்பு சாதனமாக நீர்-மின் சேமக்கலம் விளங்குகிறது. அது அமைப்பில் மிக எளிதானது. மேலும் நம்பகரமாக வேலைசெய்யக் கூடியது. இச்சேமக்கலம் மிகக் குறைந்த நேரத்திற் குமட்டுமே அதாவது ஒருசில நிமிடங்களே இயக்கப்படுகிறது. ஆனுல் தேவைக்கு ஏற்ப அதன் வேலைநேரத்தை இன்னும் ஒருசில நிமிடங் கள் அதிகரிக்கலாம்.

நீர்-மின் சேமக்கலனைக் கட்டுவதற்கு மிகுந்த செலவாகும். ஆனுல் அதன் இரு தொட்டிகளாக, கட்டப்படும் இடம் அமையுமேயானுல் அதாவது உயர வித்தியாசமுள்ள இடத்தில் கட்டப்பட்டால்

செலவு வெகுவாகக் குறையும். நீர்-மின் சேமக் கலனுடைய இன்னொரு குறை அதன் குறைந்த பயனுறுதிறனாகும். அது கிட்டத்தட்ட 70 % ஆக உள்ளது. அதாவது நீர்-மின் சேமக்கலனால் பயன்படுத்தப்பட்ட மின்னாற்றலில் 70 % மட்டுமே தேவையான சாதனங்களுக்கு அனுப்பப்படுகிறது. ஆனால் இதன் மூலம் மின்னாற்றலைத் தேவையான நேரத்தில் அனுப்ப முடியும். இது இந்தச் சேமக்கலனுடைய மேம்பாடாகும்.

இயந்திர சேமக்கலனுடைய இன்னொரு வகை போக்குவரத்துச் சாதனங்களில் பயன்படுத் தப்படுகிறது. இச்சேமக்கலம் — மிக அதிக பொருண் மையுடைய, அதிவேகத்தில் சுற்றக்கூடிய கன சுழலியாகும் (Flywheel). இக்கன சுழலியின் இயக்க ஆற்றலே (Kinetic energy), அதன் ஆற்றல் சேமிப்பாகும். பொருண்மை, சுற்றுக் களின் எண்ணிக்கை போன்றவற்றை அதிகரிப் பதன் மூலம் கன சுழலியின் ஆற்றல் சேமிப்பை அதிகரிக்கலாம். பல டஜன் கிலோகிராம் பொருண்மையுடைய, நிமிடத்திற்கு 200 ஆயிரம் சுற்றுக்கள் செய்யக்கூடிய கன சுழலியைச் செய்வதற்கு அதிவலுவான பொருட்கள் [எஃகு, கண்ணாடியால் வலுவூட்டப்பட்ட பிளாஸ்டிக் (Glass — reinforced plastic)] தேவைப்படுகின் றன.

கன சுழலி சுற்றுகையில் சுழலியின் மேற் பரப்பிற்கும் காற்றுக்குமிடையே ஏற்படும் உராய்வு மற்றும் கோளந்தாங்கி (Bearing) களில் ஏற்



நீர்சேமிக்கும் மின்நிலையத்தின் விளக்கப்படம்
1 — மேல்தொட்டி; 2 — பம்பு-டர்பைன்; 3 — கீழ்தொட்டி;
4 — மின்சாதனங்களுக்கு; 5 — பிரதான மின்நிலையம்

படும் உராய்வு போன்றவற்றினால் ஆற்றல் இழப்பு ஏற்படுகிறது. இந்த ஆற்றல் இழப்பைக் குறைப்பதற்காகக் கனசுழலியுள்ள இடத்திலிருந்து காற்று வெளியேற்றப்படுகிறது. மேலும் அவற்றில் நவீன கோளந்தாங்கிகளைப் பயன்படுத்துகின்றனர். இந்த நடவடிக்கைகள் மேற்கொள்ளப்பட்டால் கனசுழலியின் வருடாந்தர ஆற்றல் இழப்பை 20 % ஐவிடக் குறைக்கலாம். தற்பொழுது இவ்வகையான சேமக்கலங்களைக்

கொண்ட பேருந்து வண்டிகளின் சோதனை மாதிரிகள் உருவாக்கப்பட்டுள்ளன.

மின்வேதியியல் சேமக்கலங்கள். தற்காலத்தில், பிரதான ஆற்றல் தோற்றுவாயாக இச்சேமக் கலங்கள் மிகக் குறைவாகப் பயன்படுத்தப் டுவதால் நாம் அவற்றைப் பற்றி மிகச் சுருக் கமாகப் பார்ப்போம். மின்வேதியியல் சேமக் கலங்களை முதலில் மின்னாற்றலின் உதவிகொண்டு மின்னேற்றுகின்றனர். இவற்றில் மின்னாற்றல் வேதியியலாற்றலாக மாற்றப்பட்டுச் சேமித் துவைக்கப்படுகிறது. தேவையானபொழுது வேதி யியலாற்றல் மீண்டும் மின்னாற்றலாக்கப்பட்டுச் சாதனங்களுக்கு வழங்கப்படுகிறது. நவீன மின் வேதியியல் சேமக்கலங்களை ஆயிரக் கணக்கான தடவைகள் மின்னேற்றம்-மின்னிறக்கம் (Charge-discharge) செய்யலாம். இவற்றை உள்ளெரி எஞ்சின்களை இயக்குவதற்காக அதிகமாகப் பயன் படுத்துகின்றனர். தற்காலத்தில் மற்ற எல் லாவற்றையும்விட அதிகமாக உபயோகப்படுத் தப்படுவது ஓரளவு விலைமலிவான ஈய-அமில மின் சேமக்கலங்களேயாகும் (Lead-acid cells). வெள்ளி-காட்மிய (Silver-cadmium cells) மின் சேமக்கலங்கள் மேற்கூறியதைவிடத் தரத்தில் சிறந்ததாக இருப்பினும் அதிக விலைமதிப்புடைய காரணத்தினால் குறைவாகவே பயன்படுத்தப் படுகின்றன.

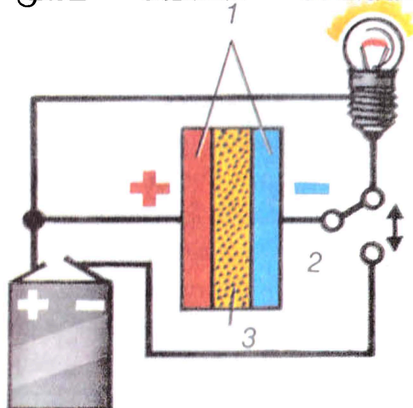
மின்வேதியியல் சேமக்கலன்களுடைய சுய

ஆற்றல் (Specific energy) எண் (அதாவது சேமக்கலனுடைய 1கி.கி எடை தரும் ஆற்றல்) குறைவானது. இதுவே இவற்றின் மிகப்பெரிய குறையாகும். இரு அடுத்தடுத்த மின்னேற்றங் களுக்கிடையிலான இடைநேரத்தில் மோட்டார் வண்டியை நூற்றுக்கணக்கான கிலோமீட்டர்கள் செலுத்தவல்ல அதிதிறன்வாய்ந்த மின்சேமக் கலனை உருவாக்க நாம் விரும்பினுல் அந்த மோட்டார் வண்டியில் மின்சேமக்கலத்தைத்தவிர வேறு எதையும் வைக்க முடியாது. ஏனெனில் அந்த மின்சேமக்கலம் அவ்வளவு பெரியதாக இருக்கும். ஈய-அமில மின்சேமக்கலன்களின் சுய ஆற்றல் எண் 100 கி.ஜூல் கி.கி, வெள்ளி-காட்மிய மின்சேமக்கலன்களுடைய சுய ஆற்றல் எண் 400 கி. ஜூல் கி.கி, ஆனுல் பெட்ரோலுடைய வெப்ப வெளியிடுதிறன் 40000 கி. ஜூல் லிட்டர் ஆக உள்ளது. ஆகவேதான் பரிமாணத்தில் பெரிய, ஆற்றல் குறைவாகத் தரும் மின்சேமக் கலங்களை மோட்டார் வாகனங்களில் மிகக் மிகக் குறைவாகவே பயன்படுத்துகின்றனர். இத்தகைய மின்சேமக்கலன்களைக் குறைந்த தூரம் பயணம் செய்யக்கூடிய, அடிக்கடி நின்று நின்று செல்லக்கூடிய (தபால்வண்டி, பால்வண்டி போன்றவற்றில்) வாகனங்களில் பயன்படுத்தலாம்.

வெப்பச் சேமக்கலன்கள். வெப்பச் சேமக் கலங்களைப் பயன்படுத்துவது ஆண்டுக்கு ஆண்டு

அதிகமாகிக் கொண்டேவருகிறது. தற்பொழுது உலகத்தின் பல்வேறு இடங்களில் சூரிய ஆற்றலைச் சூடேற்றுவதற்காகப் பயன்படுத்துகின்றனர். சூரியஒளி பகலில்மட்டுமே இருக்கின்ற காரணத்தால் வெப்பச் சேமக் கலன்களைப் பயன்படுத்தினால்மட்டுமே சூரிய ஆற்றலை எந்த நேரத்திலும் பயன்படுத்த முடியும். இந்த வெப்பச் சேமக்கலம் பகலில் சூரிய வெப்பத்தைச் சேமித்து இரவில் திருப்பிக் கொடுக்கிறது.

வெப்பச் சேமக்கலங்கள் இரு முக்கிய வகைகளாகப் பிரிக்கப்படுகின்றன. முதல்வகை சேமக் கலங்களில் செயற்படு பொருளைச் சூடேற்றுவதன் மூலம் வெப்பம் சேமிக்கப்படுகிறது.



கொண்மியின் விளக்கப்படம்

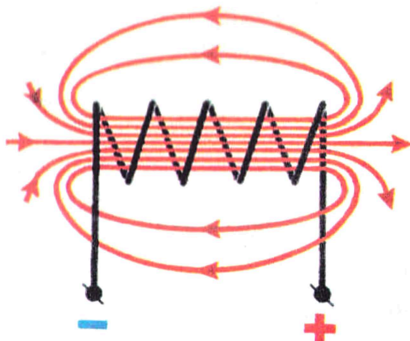
1 — மின்முனைகள்; 2 — ஸ்விட்ச்; 3 — மின்கடவா இடைப் பொருள்

இரண்டாவது வகை சேமக்கலங்களில் செயற் படுபொருளை ஒரு நிலையிலிருந்து இன்னொரு நிலைக்கு மாற்றுவதன் மூலம் (பெரும்பாலும் திடநிலையிலிருந்து திரவநிலைக்கு மாறும்பொழுது) வெப்பம் சேமிக்கப்படுகிறது. முதல் வகையில் செயற்படு பொருளுடைய வெப்பநிலை அதிகரிக் கிறது. ஆனால் இரண்டாவது வகையில் அது மாறுவதில்லை. அப்படி மாறினாலும் சிறிதளவே மாறுகிறது. முதல்வகை சேமக்கலங்களிலிருந்து சாதனத்திற்கு வெப்பம் கொடுப்பது செயற்படு பொருளைக் குளிரச் செய்து, அதன் வெப் பநிலையைக் குறைப்பதன் மூலம் செய்யப் படுகிறது. இரண்டாவது வகையில் செயற் படுபொருளை மீண்டும் பழையநிலைக்குக் (திட) கொண்டுவருவதன் மூலம் சாதனத்திற்கு வெப்பம் கொடுக்கப்படுகிறது.

வெப்ப சேமக்கலம் எந்த மாதிரியான அமைப்பைக் கொண்டிருந்தாலும் சரி, அதில் பின்வரும் முக்கியமான கொள்கை கடை பிடிக்கப்படுகிறது: செயற்படுபொருளின் வெப் பநிலையை எவ்வளவு அதிகரிக்க முடியுமோ அவ்வளவு அதிகரிக்க வேண்டும் முடிந்தால் அதில் ‘வெப்பம் ஏற்றும்’ வெப்பத் தோற் றுவாயுடைய வெப்பநிலையை ஏற்படுத்த வேண் டும். ஆற்றல் தோற்றுவாயின் வெப்பநிலை எந்த அளவு அதிகமாக இருக்கிறதோ அந்த அளவு அதன் வெப்பசேமிப்பு அதிகமாக இருக்கும். ஆனால் ஆற்றல் தோற்றுவாயுடைய வெப்பநிலை

ஊடகத்தின் வெப்பநிலைக்குச் சமமாக இருப்பின் அந்த ஆற்றல் தோற்றுவாயாலோ அது சேமித்துவைத்துள்ள ஆற்றலாலோ எந்தவித உபயோகமுமில்லை. தவிர்க்க முடியாத வெப்ப இழப்பை அதிகபட்சம் குறைப்பதற்காகவும் அதிக வெப்பநிலையை நீண்டநேரம் நீடித்திருக்கச் செய்வதற்காகவும் செயற்படுபொருளை நன்கு வெப்பக் காப்பீடு செய்ய வேண்டும்.

வெப்பச் சேமக்கலனுக்கு அதன் பரிமாணம் மிக முக்கியமானதாகும் (நாம் அணு எரிபொருளுக்கான உய்ய பொருண்மையை நினைவுகூறுவோம்). செயற்படுபொருளின் கன அளவு அதிகரிக்க அதிகரிக்க அதன் பரப்பளவிற்கும் கன அளவிற்கும் உள்ள விகிதம் குறையும். இதன் விளைவாக வெப்ப இழப்பு (சுய) குறைகிறது (சேமித்து வைக்கப்பட்ட ஒரு அலகு வெப்பத்திற்கோ அல்லது செயற்படுபொருளின் ஒரு அலகு



சோலினொய்டின் விளக்கப்படம்

பொருண்மைக்கோ கணக்கிடப்பட்ட வெப்ப இழப்பு).

மின் சேமக்கலங்கள். நாம் இதுவரை தற்காலத்தில் பயன்படுத்தப்படும் பலவிதமான ஆற்றல் சேமக்கலங்களைப் பற்றிப் பார்த்தோம். இப்பொழுது நேரடியாக மின்னாற்றலையே சேமித்துவைக்கும் சேமக்கலங்களைப் பற்றிப் பார்ப்போம். இச்சேமக்கலங்களை உருவாக்குவது சம்பந்தமான நவீன திட்டங்கள் ஏதாயினும் உள்ளனவா?

ஆம். திட்டங்கள் உள்ளன. ஆனால் இத்தகைய சேமக்கலம் இதுவரையில் உருவாக்கப்படவில்லை. மேலும் எப்பொழுது உருவாக்கப்படும் என்பதைக் கூறுவதும் கடினமாகும். ஆயினும் இச்சேமக்கலங்கள் நம் கவனத்தைக் கவருவனவாக உள்ளன

முதலில் நாம் மின்னாற்றலை மின்புல வடிவத்தில் சேமித்து வைக்கும் மின் சேமக்கலத்தைப் பற்றிப் பார்ப்போம். இச்சேமக்கலம் இரு மின்முனைகளைக்கொண்ட (மேல், கீழ்) கொண்மியாகும் (Capacitor). இவ்விரு மின்முனைகளுக்கிடையே மின்கடவா இடைப்பொருள் (Dielectric) வைக்கப்படுகிறது. எந்த மின்கடவா இடைப்பொருள் பயன்படுத்தப்படுகிறதோ அதற்கேற்ப கொண்மியின் பெயர் மாறுகிறது. — பீங்கான்வகை கொண்மி (Ceramic Capacitor), மைக்கா கொண்மி (Mica Capacitor), காகித

கொண்மி (Paper Capacitor), அரைக்கடத்தி கொண்மி (Semiconductor Capacitor), படலவகைக் கொண்மி (Film-type Capacitor).

மின்முனைகள், இடைப்பொருள் ஆகியவற்றாலான அமைப்பு மின் கொண்மத்தன்மையுடையது (Capacitance). சேமக்கலத்தை மின் தோற்றுவாயுடன் இணைப்பதற்கான ஸ்விட்சைப் போடுகையில் (படத்தில் – இடது பக்கத்திற்கு) கொண்மி மின்னேற்றப்படுகிறது. மின்னேற்றப்பட்ட கொண்மியில் மின்னாற்றல் மின்கடவா இடைப்பொருளின் மின்புல ஆற்றல் வடிவத்தில் சேமித்துவைக்கப்படுகிறது. இப்பொழுது நாம் ஸ்விட்சை வலது பக்கத்திற்குத் திருப்பிச் சேமக்கலத்தை மின்சாதனத்துடன் இணைத்தால், கொண்மியில் மின்னிறக்கம் நடைபெறுகிறது.

கொண்மி சேமிக்கக்கூடிய ஆற்றலின் அளவு அவ்வளவு அதிகமானதல்ல (நடைமுறையில் இது 10 – 400ஜூல்/கி.கி ஆக உள்ளது). மேலும் கொண்மியில் மின் இழப்பு ஏற்படுவதன் காரணமாக, அதனால் நீண்டகாலம் மின்னாற்றலைச் சேமித்துவைக்க முடியாது. ஆகவேதான் இச்சேமக்கலனை சாதனத்திற்கு மிகக்குறைந்த நேரத்தில் மின்னாற்றலைக் கொடுக்க வேண்டியிருக்கும்பொழுது, அதிக காலம் மின்னாற்றலைச் சேமித்துவைக்க முடியாதபொழுதுமட்டுமே பயன்படுத்துகின்றனர்.

மின்னாற்றலை நேரடியாகச் சேமித்துவைக்கும் இன்னொருவகையான சேமக்கலம் உண்டு. இது

மின்காப்பிடப்பட்ட கம்பிச் சுருளாகும் (Solenoid). கம்பிச் சுருளின் வழியாக நேர்மின்னோட்டம் பாயும்பொழுது (படத்தில் காட்டப் பட்டுள்ளபடி) காந்தப்புலம் உண்டாகிறது. அதாவது மின்னாற்றல் காந்தப்புல ஆற்றலாக மாற்றப்பட்டுச் சேமித்துவைக்கப்படுகிறது. ஆகவேதான் இது மின்காந்த சேமக்கலம் என அழைக்கப்படுகிறது. சேமிக்கப்படவேண்டிய ஆற்றலின் அளவு அதிகமாக இருக்கும்பொழுதும் மின்வழங்கு நேரம், மின்சேமிப்பு காலம் (மணிக்கணக்கில் நாட்கணக்கில்) ஆகியவை அதிகமாக இருக்கும்பொழுதும் இத்தகைய மின் சேமக்கலத்தைப் பயன்படுத்த முடியாது. ஏனெனில், மின்காந்தச் சேமக்கலன்களுடைய ஆற்றல் வழங்கு நேரம் சாதாரணமாக விநாடிகளால்கூட அளக் கப்படுவதில்லை. ஒரு விநாடியுடைய சிறுபாகங் களாலேயே அளக்கப்படுகிறது.

மின்காந்த சேமிப்பான்களை மேம்படுத்துதல், மேலும் அவற்றைப் பல்வேறு துறைகளில் பரவலாகப் பயன்படுத்தல் குறித்த பணிகள் தீவிரமாக மேற்கொள்ளப்படுகின்றன என்பதை இங்கு குறிப்பிடுவோம். பூச்சியத்திற்குச் சமமான மின்தடை கொண்ட மிகைகடத்து கம்பிச் சுருள்களை உருவாக்குவோமேயானால் அவற்றில் அதிக அளவிலான மின்னோட்டத்தைச் செலுத்த முடியும். இதன் மூலம் சேமக்கலனுடைய ஆற்றல் சேமிப்பை அதிகரிக்கலாம்.

ஆற்றலியலும் சுற்றுப்புறச் சூழ்நிலைப் பாது காப்பும் (Environment protection). *தற் காலத்தில் சுற்றுப்புறச் சூழ்நிலையை பாதுகாப்பது குறித்த விஞ்ஞானத்தின் பிரதான பணி நம்முடைய கோளத்திலுள்ள தண்ணீர், காற்று போன்றவை அசுத்தமாகாமல் பார்த்துக்கொள் வதே.*

புள்ளிவிவரங்களின்படி, அங்கக எரிபொருள் எரிக்கப்படுவதன் விளைவாக ஆண்டுக்குக் கிட்டத் தட்ட 150 மில்லியன் டன் சாம்பல், 100 மில்லியன் டன் கந்தக ஆக்ஸைடுகள், 60 மில்லியன் டன் நைட்டிரஜன் ஆக்ஸைடுகள், 300 மில்லியன் டன் கார்பன் மோனுக்ஸைடு (CO) *போன்றவை பூமியின் வளிமண்டலத்திற்கு எறியப்படுகின்றன. வளிமண்டலத்தை அசுத் தமாக்கும் இப்பொருட்களில் பெரும்பகுதியை அதிகமாக அங்கக எரிபொருளை எரிக்கும் வெப்ப மின்நிலையங்களே உருவாக்குகின்றன. நீர் மண்டலத்தின் நிலையை வெகுவாகப் பாதிப்பது நீர்மின்நிலையங்களாகும். அணுமின் நிலையங்கள், தண்ணீர், காற்று போன்றவற்றை அவ்வளவு அசுத்தப்படுத்துவதில்லை. இதற்காக, அணுமின்நிலையத்திலிருந்து வெளியேறும் கதிரியக் கத்தை அனுமதிக்கப்பட்ட வரம்பிற்கு மேல் செல்லாதபடி பார்த்துக்கொள்ள வேண்டும்.*

வாகனங்கள், வெப்பமின்நிலையங்களுடைய உலை கள், வெப்பமூட்டிகள், பல்வேறு தொழில்நுட்ப உலைகள் போன்றவையே பூமியின் வளிமண்

டலத்தை அதிகமாக அசுத்தப்படுத்துகின்றன.

வளிமண்டலத்தை அசுத்தப்படுத்தும் பொருட்கள் வளிமண்டலத்தில் தங்கியிருக்கும் காலம் பொருளுக்குப் பொருள் வேறுபடுகிறது. வளிமண்டலத்திலிருக்கும் சாம்பலுடைய பெரிய திடத்துகள்கள் ஒருசில மணிநேரங்களிலோ, சிலவேளைகளில் ஒருசில நிமிடங்களிலோ படிகின்றன. ஆனால் கந்தக, நைட்ரஜ ஆக்ஸைடுகள், சிறிய திடத் துகள்கள் போன்றவற்றால் வளிமண்டலத்தில் ஒருசில வாரங்கள் தங்க முடியும். மழைபெய்யும்பொழுது அவை மழை நீருடன் சேர்ந்து பூமியில் படிகின்றன.

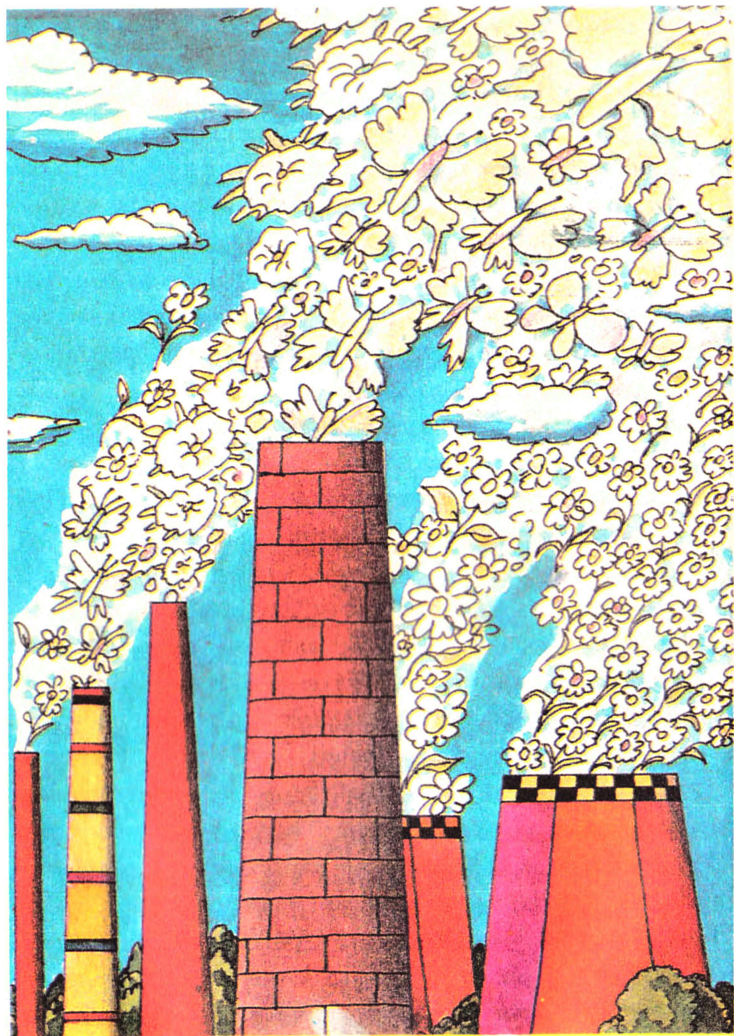
பெரும்பாலான நாடுகளில் வாகனங்கள்தான் மற்ற எல்லாவற்றையும்விட அதிகமாக வளிமண்டலத்தை அசுத்தப்படுத்துகின்றன. வீடுகளிலுள்ள வெப்பமூட்டிகள்கூட வளிமண்டலத்தை அசுத்தமாக்குகின்றன. வெப்ப மின்நிலையங்களைப் பொறுத்தவரையில் அவற்றின் உலைகளில் எரிதல் சிறந்த முறையில் நிர்வகிக்கப்படுவதால் (எரிபொருள் முழுவதும் எரிக்கப்படுகிறது) எரிதலின்பொழுது உண்டாகும் பொருட்களில் கார்பன்மானாக்ஸைடு மற்றும் புகையின் அளவு அவ்வளவு அதிகமாக இருப்பதில்லை. இவ்வுலைகள் அதிக பயனுறுதிறனுடைய சாம்பல் வடிகட்டிகளைக் கொண்டிருப்பதனால் விளைப்பொருட்களில் சாம்பலின் அளவும் குறைவாகவே உள்ளது. ஆனால் நைட்டிரஜன் ஆக்ஸைடுகளுடன், குறிப்பாக, கந்தக ஆக்ஸைடுகளுடன் போராடுவது மிகக் கடினமாகும்.

எரிபொருளை எரிக்கும்பொழுது அதிக வெப்பநிலையுள்ள இடங்களிலேயே நைட்டிரஜன் ஆக்சைடுகள் தோன்றுகின்றன. தற்காலத்தில் இத்தகைய ஆக்சைடுகள் தோன்றுவதைப் பல மடங்குகள் குறைப்பதற்கான வழிகளைத் திட்டமிட்டுவருகின்றனர்.

சோவியத்து யூனியனில் வளிமண்டலத்தை அசுத்தம் செய்யாமல் பாதுகாப்பது குறித்த பணியை, அரசாங்கமே மேற்கொள்கிறது. தீங்கு விளைவிக்கும் வாயுக்களை வளிமண்டலத்தில் கலப்பதைக் குறைப்பதற்கான நடவடிக்கைகள் மேற்கொள்ளப்படுகின்றன. நகரவாசிகள் வசிக்கும் 80 % வீடுகளில் மைய வெப்பமூட்டு முறை (Central heating) பயன்படுத்தப்படுகிறது. அதாவது வெப்பமின்கேந்திரங்களின் உதவியாலோ பெரிய உலைகளின் உதவியாலோ வீடுகள் வெப்பமூட்டப்படுகின்றன. இதனுல் தீங்கு விளைவிக்கும் பொருட்களை வளிமண்டலத்தில் எறிவது வெகுவாகக் குறைந்துள்ளது.

சமீபகாலத்தில், வளிமண்டலம் சூடேற்றப்படுவது குறித்த பிரச்சினைக்கு அதிக முக்கியத்துவம் அளிக்கப்படுகிறது. ஆற்றல் உற்பத்தியின் இடையருத வளர்ச்சி, வளிமண்டலத்தில் கார்பன் டையாக்சைடின் அளவு அதிகரித்தல் போன்ற காரணங்களினுல் வளிமண்டலம் சூடேற்றப்படக் கூடும். நாம் விரும்பினுலும் விரும்பாவிட்டாலும் மனிதனுல் உற்பத்தி செய்யப்பட்ட ஏறக்குறைய முழு ஆற்றலுமே கடைசியில் வெப்பமாக

மாறுகிறது (வெப்ப ஆற்றலின் சிறப்பியல்பு களையும் வெப்ப இயக்கவியலின் இரண்டாவது விதியையும் நினைவு கூறுவோம்). தற்பொழுது மனிதனுல் உற்பத்தி செய்யப்படும் ஆற்றல் பூமியின் ஆற்றல் சமநிலையில் (Energy Balance of the Earth) (பூமி அதிக அளவு ஆற்றலைச் சூரியக்கதிரியக்கத்திலிருந்து பெறுகிறது) 0.01% தான். இந்த எண் 1% ஆக உயரும்பொழுது அதாவது 100% மடங்கு அதிகமாகும்பொழுது மனித செயற்பாட்டின் காரணமாகப் பூமியின் மேற்பரப்பின் வெப்பநிலை 0.5 — 1°C அதி கமாகக் கூடும் என வல்லுநர்கள் கருதுகின் றனர். இந்த வெப்பநிலை உயர்வின் விளைவாக என்ன நடக்கும் என்பதைத் திட்டவட்டமாகக் கூறுவது கடினமாகும். ஆனுல் பூமியின் ஆற்றல் சமநிலையை மனிதன் குலைப்பதன் காரணமாக ஏற்பட்ட இந்தச் சிறிய வெப்பநிலை மாற்றம் பூமியின் தட்பவெப்பநிலை மாறுவதற்கான கார ணமாக அமைவதால் விரும்பத்தகாத பின்விளைவு கள் ஏற்படக்கூடும். பூமியின் வளிமண்டலத்தில் கண்ணுடிக்கூண்டின் அனல் விளைவு (Green house effect) ஏற்படுகிறது: வளிமண்டலம் குறைந்த அலைநீளமுடைய சூரியக்கதிரியக்கத்தை நன்கு கடத்துகிறது. ஆனுல் அதிக அலைநீளமு டைய பூமியுடைய கதிர்வீச்சை மோசமாகவே கடத்துகிறது. வளிமண்டலத்தில் கார்பன்டையாக் ஸைடின் அளவு அதிகரிக்கையில் கண்ணுடிக் கூண்டின் அனல் விளைவு அதிகரிக்கிறது. இதன்



விளைவாகப் பூமியின் மேற்பரப்பின் வெப்பநிலை அதிகரிக்கிறது.

மனித செயற்பாட்டின் விளைவாகப் பூமியின் மேற்பரப்பு சூடேற்றப்படுவது குறித்த பிரச்சினை இதுவரை நன்கு ஆராயப்படவில்லை. ஆகவே ஆராய்ச்சிகள் செய்யப்படவேண்டியது இன்றியமையாததாகும்.

பூமியிலுள்ள நீரை (நீர் மண்டலம்) அசுத்தமாக்காமல் பாதுகாப்பது குறித்த பிரச்சினை மனிதனைச் சுற்றியுள்ள இயற்கையைப் பாதுகாப்பது குறித்த பிரச்சினைகளில் முக்கியமான ஒன்றாகும்.

நீர் மண்டலத்திற்கு அதிக ஆபத்து விளைவிக்கக் கூடியவை தொழிற்கூடங்கள் (குறிப்பாக, வேதியியல், பெட்ரோலிய, காகித, உலோகத் தொழிற்சாலைகள்) ஆகும். இத்தகைய தொழிற்சாலைகளிலிருந்து வெளியேற்றப்படும் தண்ணீரைச் சுத்தமாக்குவதற்காக அவற்றில் அதிக விலைமதிப்புடைய இயந்திர, வேதியியல் மற்றும் உயிரியல் வடிகட்டிகளைப் (Filters) பொருத்த வேண்டும். மேலும் சுத்தப்படுத்தப்பட்ட தண்ணீரையே மீண்டும் பயன்படுத்த வழிவகுக்கும் தொழில்நுட்பச் செய்முறைகளைப் புகுத்தித் தொழிற்சாலைகளின் தொழில்நுட்பத் தரத்தை மேம்படுத்த வேண்டும். இதுபோன்ற நடவடிக்கைகள் எடுக்கப்பட்டால் நீர்த்தேக்கங்கள் அசுத்தப்படுத்தப்படுவது அறவே நீக்கப்படலாம். அல்லது குறைந்தபட்சம், அதிக விலைமதிப்புடைய பொருட்

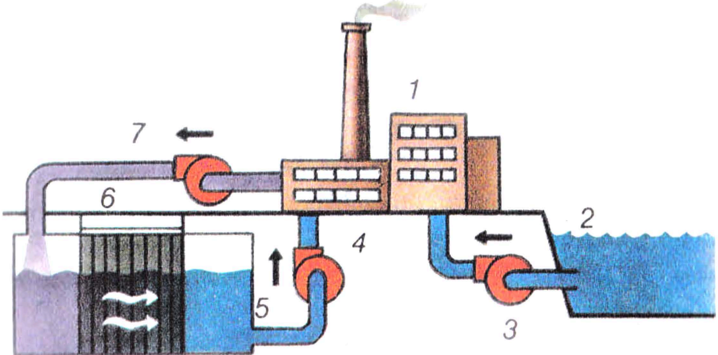
கள் (உதாரணமாக, கச்சாப்பொருள்) தண்ணீருடன் சேர்ந்து வெளியேறுவதைக் குறைக்கலாம். நாம் இப்பொழுது பார்த்துக்கொண்டிருக்கும் முறையில் உபயோகப்படுத்தப்பட்ட தண்ணீரே மீண்டும் பயன்படுத்தப்படுகிறது (படத்தைப் பார்க்க). இத்தகைய தொழிற்சாலைகளில் ஏற்படும் தவிர்க்கமுடியாத தண்ணீர் இழப்பைச் சரிக்கட்டுவதற்காக நீர்த்தேக்கங்களிலிருந்து சிறிதளவு தண்ணீர் எடுக்கப்படுகிறது. உபயோகப்படுத்திய தண்ணீரையே சுத்தப்படுத்தி மீண்டும் பயன்படுத்தும் தொழில்நுட்பச் செய்முறையை மூடிய அல்லது இழப்பற்ற தொழில்நுட்பச் செய்முறை என அழைக்கின்றனர்.

நகரங்கள் மற்றும் மக்கள் வாழும் பகுதிகளிலிருந்து வெளியேற்றப்படும் சாக்கடை நீர், விவசாயம் சம்பந்தப்பட்ட தொழிற்சாலைகளிலிருந்து வரும் சுத்திகரிக்கப்படாத நீர் போன்றவை நீர் மண்டலத்திற்கு அதிக ஆபத்து விளைவிக்கின்றன.

வெப்ப மின்நிலையம், அணுமின்நிலையம், நீர்மின் நிலையம் போன்றவை வெளியேற்றும் தண்ணீரில் நீர் மண்டலத்திற்கு ஆபத்து விளைவிக்கும் பொருட்கள் அதிகமாக இருப்பதில்லை. இருந்தாலும் அவை நீர்த்தேக்கங்களுக்குக் கேடு விளைவிக்கின்றன. வெப்ப மின்நிலையமும் அணுமின் நிலையமும் சூடான தண்ணீரை அதிக அளவில் வெளியேற்றி (குளிர்ப்பியில் பயன்படுத்தப்படும் தண்ணீர்) நீர்த்தேக்கங்களைச் சூடேற்றுகின்

றன. நீர்மின்நிலையங்கள் நீர் மட்டம் குறைவான நீர்த்தேக்கங்களை உருவாக்கி நீர்மண்டலத்திற்குக் கேடு விளைவிக்கின்றன.

தண்ணீரின் வெப்பநிலை அதிகரித்தால், உதாரணமாக, ஆறுகளின் வெப்பநிலை 1 °C அதிகமானல் அவற்றிலுள்ள உயிரினங்கள் பயன்படுத்தும் ஆக்ஸிஜனின் அளவு 10 — 20 % உயரும். இதனல் தண்ணீரில் ஆக்ஸிஜன் பற்ருக்குறை ஏற்பட்டு விரும்பத்தகாத பின்விளைவுகள் ஏற்படக்கூடும். தண்ணீர் சூடேற்றப்படுவது எப்பொழுதுமே அதிகரித்துக் கொண்டேயிருப்பதனல் இப்பிரச்சினை நன்கு ஆராயப்பட வேண்டும். (வெப்ப மின் நிலையம் வெளியிடும் குறைந்த வெப்பநிலையுடைய



உபயோகித்த நீரையே சுத்தப்படுத்தி மீண்டும் பயன்படுத்தும் தொழிற்சாலையின் விளக்கப்படம்

1 — தொழிற்சாலை; 2 — சுத்தநீர்த்தேக்கம்; 3 — இழப்புகளைச் சரிக்கட்டுவதற்கான நீர்; 4 — சுத்தமாக்கப்பட்ட நீர்; 5 — நீர்சுத்தமாக்குமிடம்; 6 — வடிகட்டி; 7 — சுத்தமாக்கப்படவேண்டிய நீர்

வெப்பத்தைவிட 1.5 மடங்கு அதிகமாக வெப்பத்தை வெளியிடும் அணுமின்நிலையங்கள் அதிகமாகக் கட்டப்படுவதனால் சுற்றுப்புற சூழ்நிலை, குறிப்பாக, தண்ணீர் சூடேற்றப்படுகிறது).

கடுங்குளிர்ப் பிரதேசங்களிலுள்ள நீர்த் தேக்கங்களில் (குளம், குட்டை) வெப்ப நீரை விடுவோமேயானால் அதனால் எக்கேடும் விளைவதில்லை; மாறாக, நன்மையே உண்டாகிறது. இத்தகைய சூடேற்றப்பட்ட நீர்த்தேக்கங்களில, உதாரணமாக, நன்றாக மீன் வளர்க்கலாம்.

சமச்சீரான இடங்களில் ஓடிக் கொண்டிருக்கும் நதிகளின் குறுக்கே நீர் மின் நிலையத்தைக் கட்டுவதனால் அதன் பெரும் பகுதியில் தண்ணீர் மட்டம் குறைவான நீர்த்தேக்கங்கள் உண்டாகின்றன. கோடை காலத்தில் சூரிய கதிரியக்கத்தின் விளைவாக இத்தகைய நீர்த்தேக்கங்களில் நீர்த் தாவரங்கள் நன்கு வளர்கின்றன. ஆனால் தண்ணீர் மட்டம் மாறுகிற காரணத்தால் அதாவது தண்ணீர் மட்டம் குறைவாக இருப்பதாலும் சில இடங்களில் தண்ணீர் முழுவதுமே வற்றி விடுவதாலும் இத் தாவரங்கள் அழிந்து போகின்றன.

கடலின் அடித்தளத்தில் அமைந்திருக்கும் பெட்ரோலிய வயல்களிலிருந்து பெட்ரோலியத்தை எடுக்கையில் ஏற்படும் கசிவு, கப்பல் மூலம் எண்ணெயைக் கொண்டுவருகையில் ஏற்படும் கசிவு, எண்ணெய்க் கப்பல்களில் பெட்ரோலியத்தை நிரப்பும் பொழுது கப்பலிலிருந்து

எண்ணெய் கலந்த தண்ணீரை வெளியேற்றுதல் போன்றவற்றினுல் கடலின் மேற்பரப்பு அசுத்தத் திற்குள்ளாகிறது. ஒரு சில எளிய தொழில்நுட்ப உத்திகளேயும் நிர்வாக நடவடிக்கைகளேயும் மேற்கொள்வதின் மூலம் கடலின் மேற்பரப்பு அசுத்தமடைவதைத் தவிர்க்கவோ குறைக்கவோ முடியும்.

நாளேய ஆற்றலியல்

வேக நியூட்ரான்களில் வேலே செய்யும் அணு உலேகளேப் பயன்படுத்துதல், ஆற்றலேச் சேமித்தல், ஆற்றலே ஓரிடத்திலிருந்து இன்ளுெரிடத்திற்கு அனுப்புதல், ஆற்றலேப் பயன்படுத்துதல், சுற்றுப் புற சூழ்நிலேயைப் பாதுகாத்தல் ஆகிய பிரச்சினே களேப் பற்றி இந்நூலில் ஏற்கனவே பார்த்தோம். ஆற்றலியலின் எதிர்கால வளர்ச்சிக்கு மேற்கூறிய பிரச்சினேகளின் தீர்வு மிகவும் அவசியமாகிறது. இந்த அத்தியாயத்தில் நாம் வற்ருத ஆற்றல் தோற்றுவாய்கள், ஆற்றலே நேரடியாக மாற் றுவதற்கான வழி முறைகள், செயற்கை திரவ எரிபொருள் போன்றவற்றைப் பற்றி ஆராய் வோம்.

வெப்ப அணுக்கரு ஆற்றலியல் பல நாடுகளின் இயற்பியலாளர்களால் உருவாக்கப்படுகிற வெப்ப அணுக்கரு உலேயுடைய வேலேமுறையும் சாதாரண அணு உலேயின் வேலேமுறையும் பொதுவான ஒரு சில அம்சங்களேக் கொண்டுள்ளன. இவ்விரண்டு

உலைகளிலும் அணுக்கரு மாற்றம், பொருண்மை அதிகரிப்பு (அணுக்கரு மாற்றத்திற்கு முன்பு பொருளுடைய பொருண்மையானது, அணுக்கரு மாற்றத்தின் விளைவாகக் கிடைத்த பொருட்களின் பொருண்மையை விட சிறிதளவு அதிகமாக உள்ளது) ஆகியவை அடிப்படைகளாக உள்ளன. இவ்விரண்டு உலைகளிலும் பொருண்மை இழப்பு ஏற்படுகிறது எனக் கூறலாம். இதன் விளைவாக, அதிகமான ஆற்றல் வெளிப்படுகிறது. வெப்ப அணுக்கரு மாற்றத்திற்குத் தேவையான 1கி.கி கச்சாப் பொருளானது ஆற்றல் வெளியிடுவதில் 10 ஆயிரம் டன் சம எரிபொருளுக்குச் சமமாகும். இதையே வேறுமாதிரியாக, 1 கிராம் கச்சாப் பொருள் ஆற்றல் வெளியிடுவதில் 10 டன் சம எரிபொருளுக்குச் சமமாக உள்ளது எனக் கூறலாம். இவ்வாறு, வெப்ப அணுக்கரு மாற்றத்தின் பொழுது வெளிப்படும் ஆற்றல் (ஒரு அலகு பொருண்மைக்குக் கணக்கிடப் படுகிறது), சாதாரண அணுக்கரு மாற்றத்தின் கீழ் U^{235} பிளக்கப்படும் பொழுது உண்டாகும் ஆற்றலைவிட 4மடங்கு அதிகமாக உள்ளது.

வெப்ப அணுக்கரு மாற்றத்தில் அணுக்கருக்கள் பிளக்கப்படாமல் தொகுக்கப்படுகின்றன. இதுவே இவ்விரண்டு அணுக்கரு மாற்றங்களுக்கிடையேயான வேறுபாடாகும். அதிக அணு எடை கொண்ட அணுக்கருவைப் பிளக்கையில் அதிக ஆற்றல் வெளிப்படுகிறது. அதே நேரத்தில், அணு எடை குறைந்த இலேசான தனிமங்கள்

பங்கேற்கின்ற அணுக்கரு மாற்றங்களிலும் அதிக ஆற்றல் வெளிப்படுகிறது. இந்த மாற்றமே அணுக்கருக்கள் தொகுக்கப்படுகிற (Synthesis) அணுக்கரு மாற்றமாகும்.

அணுக்கரு மாற்றத்தில் பிளக்கப்படுகிற அணுக் கருவை இயற்பியலில் 'இலக்கு' என அழைக் கின்றனர். இவ்வணுக்கரு மாற்றத்தை ஊக்குவிக் கும் நியூட்ரான்கள் அணுக்கரு மாற்றத்தில் மிக முக்கிய பங்கு வகிக்கின்றன. அணுக்கருக்கள் அருகருகாக அதாவது 10^{-13} செ.மீ அல்லது 10^{-9} மைக்ரான் (மைக்ரானுடைய பில்லியனில் ஒரு பகுதி) தூரத்தில் இருந்தால்மட்டுமே அணுக்கருக்கள் தொகுக்கப்படுகிற அணுக்கரு மாற்றம் நடைபெறும்.

அணுக்கருக்கள் ஒன்றையொன்று நெருங் குவதற்கு நிலை மின் விலக்கு விசை (Electro-static repulsive force) இடையூறு செய்கிறது. (அணுக்கருக்கள் எல்லாமே நேர் மின்சுமையுடை யன). ஆகவே இந்த நெருக்கம் நடைபெற அணுக்கரு மாற்றத்தில் பங்கு பெறும் துகள்கள் மிக அதிக இயக்க ஆற்றலைக் கொண்டிருக்க வேண்டும். வேறு வார்த்தைகளில், அணுக்கரு பிளவுபடுகிற அணுக்கரு மாற்றத்தில் பயன்படுத் தப்படும் கச்சாப் பொருட்களைப் போலல்லாமல், வெப்ப அணுக்கரு மாற்றத்தில் பயன்படுத்தக்கூடிய கச்சாப் பொருட்கள் மிக அதிக வெப்பநிலையை அதாவது பல பத்து மில்லியன் டிகிரி வெப் பநிலையைக் கொண்டிருக்க வேண்டும். இக்காரணத்

திலுல்தான் அணுக்கருக்கள் தொகுக்கப்படுகிற அணுக்கரு மாற்றம் வெப்ப அணுக்கரு மாற்றம் என அழைக்கப்படுகிறது. இந்த உயர் வெப் பநிலைகளில் கச்சாப் பொருள் பிளாஸ்மா நிலையை அடைகிறது. மற்ற வாயுக்களிலிருந்து பிளாஸ்மா எவ்வாறு வேறுபடுகிறதென்றால், பிளாஸ்மாவில் வாயுக்களைப் போல அணுக் களோ மூலக்கூறுகளோ இல்லை. மாறாக, அணுக்கருக்கள் மற்றும் சுதந்திர எலெக்ட்ரான் கள் உள்ளன. அனைத்துப் பொருட்களுடைய அணுக்களும் சுமார் 10 ஆயிரம் டிகிரி வெப் பநிலையில் தங்களது எலெக்ட்ரான் உறைகளை இழக்கின்றன.

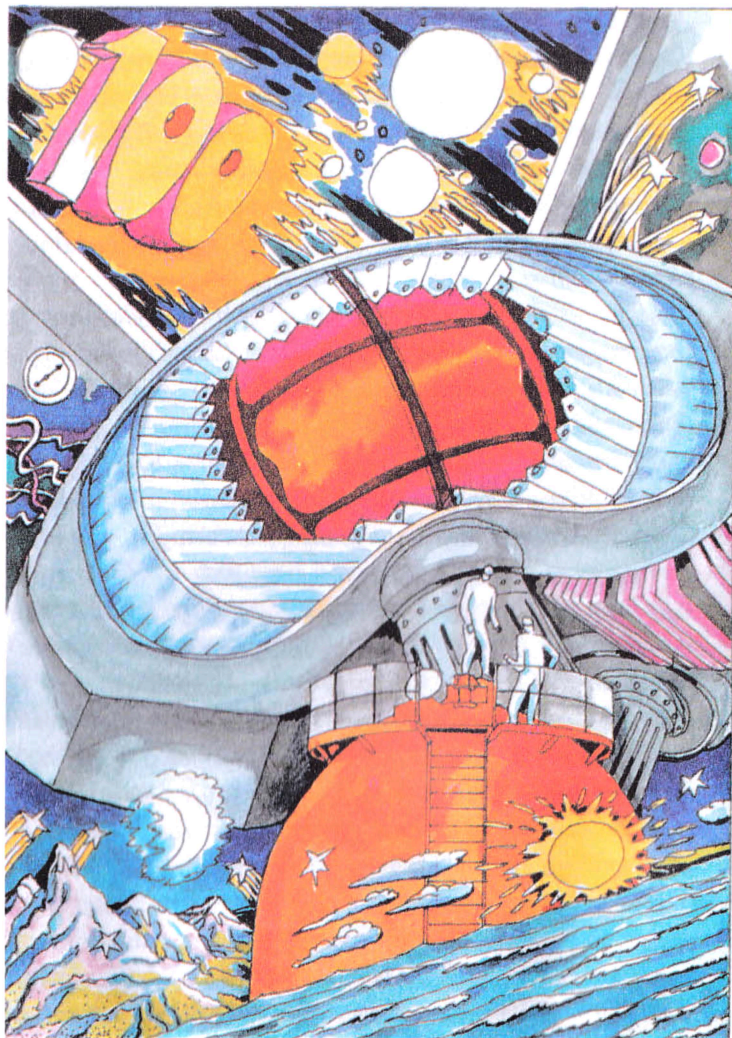
பிளாஸ்மாவிலுள்ள துகள்கள் மின்சுமை களைக் கொண்டுள்ளன. எலெக்ட்ரான்கள் — எதிர் மின்சுமையுடையவை. அணுக்கருக்கள் — நேர் மின்சுமையுடையவை. இந்த உண்மை மிகவும் முக்கியத்துவம் வாய்ந்தது.

ஹைடிரஜன் மூன்று ஐசோடோப்புகளைக் கொண்டுள்ளது என்பதை இங்கு நினைவு கூறுவோம்: ப்ரோடியம் (H) (Protium) — ப்ரோடானை (Proton) அணுக்கருவாகக் கொண்ட சாதாரண ஹைடிரஜன்; ட்யூடிரியம் (D) (Deuterium) — இது சாதாரண ஹைடிரஜனைவிட கனமானது. ஏனெனில் இதன் அணுக்கருவில் ஒரு ப்ரோடானும் ஒரு நியூட்ரானும் உள்ளது; ட்ரைடியம் (T) (Tritium) — இது ட்யூடிரியத் தைவிட கனமான ஹைடிரஜனாகும். இதன்

அணுக்கரு ஒரு ப்ரோடானையும் இரண்டு நியூட்ரான்களையும் கொண்டுள்ளது. ஹைடிரஜனு டைய மூன்று ஐசோடோப்புகளின் (H, D, T) அணுஎடைகள் 1:2:3 என்ற விகிதத்திலுள்ளன.

நவீன அறிவியல் கருத்துக்களின்படி, நட்சத் திரங்கள், சூரியன் போன்றவற்றில் வெப்ப அணுக்கரு மாற்றமே ஆற்றல் தோற்றுவாயாக விளங்குகிறது. இந்த வெப்ப அணுக்கரு மாற் றத்தின் பொழுது ஹைடிரஜன் ஹீலியமாக மாறுவதனால் அதிக ஆற்றல் வெளிப்படுகிறது. நட்சத்திரங்களுடைய உட்பகுதிகளில் நடைபெறும் இந்த வெப்ப அணுக்கரு மாற்றத்தை பூமியின் சூழ்நிலைகளில் செய்வது இயலாததாகும். ட்யூடிரி யம், ட்ரைடியம் அணுக்கருக்களைக் கொண்டு வெப்ப அணுக்கரு மாற்றம் செய்வது ஓரளவு எளிதானது. இந்த மாற்றத்தின் பொழுது ஹீலியம் அணுக்கருக்களும் நியூட்ரான்களும் உண்டாகின்றன. மேலும் அதிக அளவிலான வெப்பம் வெளிப்படுகிறது.

ஹைடிரஜனின் கன ஐசோடோப்புகளான ட்யூடிரியம், ட்ரைடியம் போன்றவற்றை கச்சாப் பொருளாக எடுத்துக் கொண்டு, பூமியின் சூழ்நிலைகளில் வெப்ப அணுக்கரு மாற்றத்தைச் செய்ய முடியும் என்பது நிரூபிக்கப்பட்டுள்ளது. இந்த அணுக்கரு மாற்றமே ஹைடிரஜன் குண்டில் நடைபெறுகிறது. இதன் விளைவாக, அறவே கட்டுப்படுத்த முடியாத, குறைந்த நேரமே நீடிக்கக்கூடிய அதிக திறன் வாய்ந்த


100

வெடித்தல் ஏற்பட்டு பெரும் அழிவு உண்டாகிறது. வெப்ப அணுக்கரு மாற்றத்தை சமாதானப் பணிகளுக்குப் பயன்படுத்துவதற்காக, அதைக் கட்டுப்படுத்தவும் அமைதியாக நடைபெறச் செய்யவும் தெரிந்துகொள்ள வேண்டும்.

ஹைடிரஜனுடைய கன ஐசோடோப்பான ட்ரைடியம் கதிரியக்கத் தன்மையுடையது. அதன் பாதி சிதைவுக் காலம் ஏறக்குறைய 12 வருடங்களாகும். ஆகவேதான் பூமியில் ட்ரைடியம் காணப்படுவதேயில்லை. இதனால் வேறு வழிமுறை எதுவுமில்லை என்று கருதுவது தவறு. புளூடோனியம் கூட (Pu^{239}) பூமியில் இருக்கவில்லை என்பதை நினைவு கூறுவோம். ஆயினும், Pu^{239} இப்பொழுது அணு உலைகளில் பரவலாகப் பயன்படுத்தப்படும் அணுக்கரு எரிபொருள்களில் ஒன்றாக விளங்குகிறது. கார உலோக மூலகமான லித்தியத்தின் (Li) அணுக்கருவை வேக நியூட்ரான் களைக் கொண்டு மோதுவதன் மூலம் ட்ரைடியத்தைப் பெற முடியும். இந்த வேக நியூட்ரான் களை உதாரணமாக D + T-வெப்ப அணுக்கரு மாற்றத்தின் மூலம் உருவாக்கலாம். வெப்ப அணுக்கரு உலையில் ட்ரைடியத்திற்கு பதிலாக ''ட்ரைடிய கச்சாப் பொருளான'' லித்தியத்தைப் பயன்படுத்தலாம். உலை வேலை செய்யும் பொழுது லித்தியத்திலிருந்து போதுமான அளவு ட்ரைடியம் உற்பத்தி செய்யப்படும்.

ட்ரைடியம்-ட்யூடிரியம் வெப்ப அணுக்கரு மாற்றத்திற்கான (அல்லது இதை D + T-

மாற்றம் என சில வேளைகளில் அழைக்கின்றனர்) அணுக்கரு எரிபொருள் வளத்தை லித்திய சேமிப்புகளின் அளவைக் கொண்டு சொல்லிவிடலாம். உண்மையில், பூமியிலுள்ள ட்யூடிரியத்தின் அளவு மிக அதிகமானதாகும். கடல்கள், சமுத்திரங்கள் போன்றவற்றிலுள்ள தண்ணீரிலிருந்து ட்யூடிரியத்தைப் பிரித்தெடுத்து அதைப் பயன்படுத்துவோமேயானல் (தண்ணீரிலிருந்து ட்யூடிரியத்தைப் பிரித்தெடுப்பது சிக்கலற்றதும் பொருளாதாரக் கண்ணேட்டத்தில் சிறந்ததுமாகும்), ட்யூடிரிய சேமிப்பு தரும் ஆற்றல் மொத்த அங்கக எரிபொருள் சேமிப்பு தரும் ஆற்றலைவிட பல மில்லியன் மடங்கு அதிகமாக இருக்கும்.

ட்ரைடியத்தை உருவாக்கப் பயன்படுத்தும் லித்திய ஐசோடோப்பான Li^6, இயற்கை லித்தியத்தில் 7.4 % தான் என்றுலும்கூட நாம் லித்திய சேமிப்பின் அளவு அதிகம் எனக் கூறலாம். இது ஆற்றல் தருவதில் பூமியிலுள்ள யுரேனிய சேமிப்புக்குச் சமமானது என வல்லுநர்கள் கருதுகின்றனர்.

நம்மால் D + D-மாற்றத்தை மட்டும் (D + T-மாற்றமல்ல) செய்ய முடிந்தால் ஆற்றல் சேமிப்பு முடிவற்றதாக இருக்கும்.

சமாதான நோக்கத்திற்கு மற்றும் மக்களுக்கு நன்மை பயக்கும் பணிகளை மேற்கொள்வதற்கு வெப்பஅணுக்கரு மாற்றத்தைப் பயன்படுத்த வேண்டுமென்ருல், கட்டுப்பாட்டுடன் கூடிய

D + T-மாற்றத்தைச் செய்வதற்கான வெப்ப அணுக்கரு உலையை நாம் பெற்றிருத்தல் வேண்டும். இவ்வுலைகளை அமைப்பது மிக மிகக் கடினமாகும். ஏனெனில் இவை ட்யூடிரியம்-ட்ரைடியம் பிளாஸ்மாவை ஏறக்குறைய 100 மில்லியன் டிகிரிவரை சூடாக்கி அதை அதே வெப்பநிலையில் நிலைநிறுத்துவதற்கு ஏற்றதாக இருக்க வேண்டும்.

இ. வி. குர்சாதவின் பெயர் தாங்கிய அணு ஆற்றல் கல்லூரியில் லி. அ. அர்சிமோவிச் என்பவரின் தலைமையில் 'தோக்கமாக்' வகை சாதனங்கள் உருவாக்கப்பட்டன. 'தோக்கமாக்' என்பது ''காந்தப் புலனுடனுன வளைய வடிவ அறை (Torodial chamber with magnetic field)'' என்ற பொருளுடைய ருஷ்ய வார்த்தைகளின் சுருக்கெழுத்தாகும். இச்சாதனத்தில், பிளாஸ்மாவை உயர் வெப்பநிலை அடையச் செய்வதற்கு, பிளாஸ்மாவின் வழியாக அதிசக்தி வாய்ந்த மின்னோட்டத்தைச் (ஏறக்குறைய ஒரு சில நூறு ஆயிரம் ஆம்பியர்கள்) செலுத்துகின்றனர். இந்த அதிக மின்னோட்டம் புற தூண்டியின் உதவியால் தூண்டப்படுகிறது. பிளாஸ்மாவின் மின் தடை காரணமாக மிக அதிக வெப்பம் ['ஜூல்' வெப்பம் (Joule(an)heat)] உருவாகி பிளாஸ்மா உயர் வெப்பநிலையை அடைகிறது.

சூடான பிளாஸ்மாவை அதே நிலையில் நிறுத்துவது அதைச் சூடாக்குவதைவிடக் கடினமானது. உயர் வெப்பநிலையிலிருக்கும் இந்த

பிளாஸ்மா தோக்கமாக்குகளின் சுவர்களைத் தொடுகிறது என்ற பேச்சுக்கு இடமேயில்லை. ஏனெனில் இதுபோன்ற தொடுதலுக்குப் பின் முழுமையாக (ஆவியாகாமல்) இருக்கக்கூடிய பொருள் உலகத்தில் இல்லை. தோக்கமாக்கு களில் காந்தப் புலத்தின் உதவி கொண்டு பிளாஸ்மா நிலைநிறுத்தப்படுகிறது. பிளாஸ்மா மின்சுமையுடைய துகள்களைக் — அணுக்கருக்கள், எலெக்ட்ரான்கள் — கொண்டிருப்பதனாலேயே இது சாத்தியமாகிறது. ஏனெனில் இத்துகள்களின் மீது காந்தப்புலம் செயல்பட வல்லது.

தோக்கமாக்கில் உயர்வெப்பநிலையிலான பிளாஸ் மா, நீரில் மூழ்குபவனுக்கு உயிர் பிழைப்ப தற்காகக் கொடுக்கப்படும் ரப்பர் வளையம் போன்ற வடிவமுடைய பாத்திரத்தில் வைக் கப்படுகிறது. இதுபோன்ற வடிவியல் பொருளையே 'தோரஸ்' (Torus) அல்லது 'வளையம்' என அழைக்கின்றனர். வளையத்திற்கு வெளியே பொருத் தப்பட்டுள்ள காந்த அமைப்பின் (Magnetic System) உதவியால் சக்தி வாய்ந்த காந்தப் புலம் உண்டாக்கப்படுகிறது. வளையத்தின் அச்சிலி ருந்து விலகவிலக காந்தப் புலத்தின் செறிவு அதிகமாகிறது. செறிவு மிக்க இக்காந்தப்புலம் பிளாஸ்மாவை வளையத்தின் அச்சை நோக்கி அமுக்குகிற காரணத்தினாலேயே பிளாஸ்மா வளையத்தின் அவர்களைத் தொடுவதில்லை. இந்த எளிய, ஆனால் ஆச்சரியமூட்டக்கூடிய முறையே தோக்கமாக்குகளில் பயன்படுத்தப்பட்டது.

அதிக ஆற்றல் வெளியீட்டுடன் கூடிய வெப்ப அணுக்கரு மாற்றம் நடைபெறுவதற்கு, ட்யூடிரியம் — டிரைடியம் அணுக்கருக்களின் செறிவு (ஒரு அலகு கனஅளவில்) போதுமானதாக இருக்க வேண்டும் (வேறுமாதிரி கூறினல் பிளாஸ்மாவின் அடர்த்தி). மேலும் பிளாஸ்மாவின் வெப்பநிலையைப் போதுமான நேரம் நிலைநிறுத்த வேண்டும். அணுக்கருக்களின் செறிவு, பிளாஸ்மா நிலைநிறுத்து நேரம் ஆகியவை ஒன்றுடனென்று தொடர்புடையவை. அணுக்கருக்களின் அடர்த்தி அதிகமாக அதிகமாக, பிளாஸ்மா நிலைநிறுத்து நேரம் குறைகிறது. ஆனல் அணுக்கருக்களின் அடர்த்தி குறையும் பொழுதோ நிலைநிறுத்து நேரம் அதிகமாகிறது. லாவுசன் எண், இவ்விரண்டு கணியங்களின் தொடர்பை நமக்கு எண் வடிவத்தில் தருகிறது. ஒவ்வொரு வெப்பஅணுக்கரு மாற்றத்திற்கும் பிளாஸ்மாவுடைய வெப்பநிலைக்கும், அணுக்கருக்களின் செறிவு, பிளாஸ்மா நிலைநிறுத்து நேரம் ஆகியவற்றின் பெருக்கல் பலன் ஒரு குறிப்பிட்ட, குறைந்தபட்ச மதிப்பைக் கொண்டிருக்க வேண்டும் என்பதை லாவுசன் எண் காட்டுகிறது. D + T-மாற்றத்தின் பொழுது பிளாஸ்மா வெப்பநிலை 100 மில்லியன் சென் டிகிரேடாக இருந்தால் அதற்கு லாவுசன் எண் 3×10^{14} ஆகும். இதன் பொருள் என்னவெனில், அணுக்கரு அடர்த்தி $10^{14}/1 \times$ செ.மீ^{3} என இருக்கும் பொழுது பிளாஸ்மா நிலைநிறுத்து

நேரம் ஒரு விநாடிக்கும் குறைவாக இருக்கக்கூடாது.

தற்பொழுது, போதுமான பிளாஸ்மா வெப்பநிலை, அணுக்கரு அடர்த்தி, நிலைநிறுத்து நேரம் போன்றவை எவ்வாறு அடையப்படுகின்றன?

D + T-மாற்றத்திற்குத் தேவையான வெப்பநிலையை. அதாவது 100 மில்லியன் சென்டிகிரேட் வெப்பநிலையை இதுவரை உருவாக்க முடியவில்லை. ஆனால் இந்த வெப்பநிலைக்கு அருகாமையிலான வெப்பநிலையைத் தற்பொழுது உருவாக்கியுள்ளனர். ஒருவேளை, துகள்களை மிஞ்சிய வேகம் பெறச் செய்வதற்கான துரிதமூட்டிகளில் (Accelerators) பிளாஸ்மாவை மிஞ்சிய வேகம் பெறச் செய்து அதைத் தெளிப்பதன் மூலம் போதுமான வெப்பநிலையைப் பெறலாமோ என்னவோ!

லாவுசனின் எண்ணின்படி, D + T-மாற்றத்தில் பிளாஸ்மாவின் அடர்த்தி $10^{14} \times 1$ / செ.மீ^{3} (இதை நாம் ஏற்கனவே செய்துவிட்டோம்), பிளாஸ்மாவின் வெப்பநிலை 100 மில்லியன் டிகிரி சென்டிகிரேட் என இருக்கும்பொழுது (இவ்வெப்பநிலையை இதுவரை உருவாக்கமுடியவில்லை) பிளாஸ்மா நிலைநிறுத்து நேரம் ஒரு விநாடிக்கு மேலாக இருக்க வேண்டும். ஆனால் தற்பொழுது நிலைநிறுத்து நேரம் விநாடியின் பத்தில் ஒரு பகுதியைவிடக் குறைவாகவே உள்ளது.

போதுமான வெப்பநிலை, பிளாஸ்

மா நிலைநிறுத்து நேரம் போன்றவை உலையின் பரிமாணங்களை வெகுவாகச் சார்ந்துள்ளன. ஆகவே நமக்கு மீண்டும் வடிவியல் காரணியைப் பற்றி அதாவது சாதனத்தின் பரப்பளவிற்கும் அதன் கனஅளவிற்குமுள்ள விகிதத்தைப் பற்றிக் கூற வேண்டி வருகிறது. அணு உலையின் வேலையிடத்தில் நியூட்ரான் இழப்பு ஏற்படுவது போலவே, தோக்கமாக்குகளிலும் பிளாஸ்மா வைக்கப்பட்டுள்ள அறையிலிருந்து துகள்கள் வெளியேறுவதனுல் இழப்பு (காந்தப் புலம் இருந்தாலுங்கூட) ஏற்படுகிறது. தோக்கமாக்குடைய அறையின் கனஅளவு அதிகரிக்க அதிகரிக்க, அதாவது அதன் பரப்பளவிற்கும் கனஅளவிற்குமுள்ள விகிதம் குறையும் பொழுது, இழப்பு குறைகிறது.

இப்பொழுது நமக்கு தோக்கமாக்கில் பிளாஸ்மாவை நிலைநிறுத்துவதற்கான வழி கிடைத்து விட்டது! அது சாதனத்தின் பரிமாணங்களை அதிகரிப்பதே. பிளாஸ்மாவின் வெப்பநிலையை உயர்த்துதல், நிலைநிறுத்து நேரத்தை அதிகரித்தல் போன்ற கடினமான பிரச்சினைகளும் வருங்காலத்தில் தீர்க்கப்படும் என கருதப்படுகிறது. இது குறித்த பணிகளை, சோவியத்து யூனியன், அமெரிக்கா, ஜப்பான், பிரான்சு இன்னும் வேறு சில நாடுகளின் வல்லுநர்கள் செய்து வருகின்றனர்.

இப்பொழுதுள்ள நிலைமையைக் கொண்டு பார்த்தால், முதலில், அணுக்கரு-வெப்ப அணுக்கரு கலப்பின உலைகள் (Nuclear — thermonuclear

hybrid reactors) நடைமுறைக்குக் கொண் டுவரப்படும் போலத் தோன்றுகிறது. இத்தகைய உலைகளில் நடைபெறும் வெப்ப அணுக்கரு மாற் றத்தின்பொழுது உண்டாகும் ஆற்றலில் 80 % அணுக்கரு மாற்றத்தின் பொழுது உருவான நியூட்ரான்களாலும் 20 % ட்யூடிரிய-ட்ரைடிய அணுக்கரு சேர்க்கையின் பொழுது உருவான ஹீலிய அணுக்கருக்களாலும் (ஆல்ஃபா துகள்கள்) உட்கொள்ளப்படுகின்றன. மின்சுமையில்லாத நியூட் ரான்கள் (ஆகவேதான் மின்காந்தப் புலம் இவற்றின் மீது செயல் படுவதில்லை) பிளாஸ் மாவிலிருந்து சுதந்திரமாக வெளியேறி அதைச் சுற்றியுள்ள 'மேலாடை' என அழைக்கப்படும் (இது ஆங்கில சொல்லான Blanket — மேலாடை லிருந்து வந்தது) உறையின் மேல் படுகின்றன.

அணுக்கரு-வெப்ப அணுக்கரு கலப்பின உலையின் மேலாடை ஆரம்ப அணுக்கரு எரிபொருளான (''அணுக்கச்சாப் பொருள்'') U^{238} அல்லது Th^{232} ஐக் கொண்டிருக்க வேண்டும், பிளாஸ்மா வெளியிடும் அதிவேக நியூட்ரான்களினுல் இந்த அணுக்கரு எரிபொருள் தாஞகச் சிதையும் பண்புடைய Pu^{239} அல்லது U^{233} ஆக மாறு கிறது. மேலாடையில் செய்யப்பட்டுள்ள பள்ளங் களின் வழியாக ஓடும் வெப்பத் தணிப்பி புளுடோனியமோ (Pu^{239}) யுரேனியமோ (U^{233}) பிளக்கும் பொழுது வெளிப்படும் வெப்பத்தைத் தன்னுடன் எடுத்துச் செல்கிறது. இவ்வெப்பத்தை, உதாரணமாக, மின்ஞற்றலை உற்பத்தி செய்

வதற்கான நீராவி விசைச்சாதனங்களில் பயன் படுத்தலாம்.

இவ்வாறு, அணுக்கரு-வெப்ப அணுக்கரு கலப்பின உலைகளில், D + T-மாற்றம் நியூட் ரான்கள் தோற்றுவாயாகவும், உலை, வேக நியூட்ரான்களில் வேலைசெய்யும் அணு உலையாகவும் (இனப்பெருக்கி உலை) பணி புரிகிறது. அதாவது, கலப்பின உலையின் உதவி கொண்டு மின்னாற்றலையும் அணுக்கரு எரிபொருளையும் (Pu^{239} அல்லது U^{233}) ஒருங்கே உற்பத்தி செய்ய முடியும். வல்லுநர்களின் கருத்துப்படி, கலப்பின உலைகளில் நடைபெறும் வெப்பஅணுக்கரு மாற்றத்துடைய பாராமீட்டர்களுக்கான கோரிக்கைகள் 'சலு கையுடன் கூடியவை.' உதாரணமாக, இவ்வெப்ப அணுக்கரு மாற்றத்திற்கு லாவுசன் எண் (பிளாஸ்மாவுடைய அணுக்கருக்களின் அடர்த்தி, பிளாஸ்மா நிலைநிறுத்து நேரம் ஆகியவற்றின் பெருக்குத் தொகை) மிகச் சிறியதாகும்.

உயர் வெப்பநிலையிலான பிளாஸ்மாவை காந்தப்புலம் கொண்டு நிலைநிறுத்தும் முறை (தோக்கமாக்குகளில் பயன்படுத்தப்படும் முறை) தற்பொழுது நன்கு மேம்படுத்தப்பட்டிருந்தாலும் அதுதான் ஒரே வழி என்று சொல்வதற்கில்லை. கட்டுப்பாட்டுடன் கூடிய வெப்ப அணுக்கரு மாற்றத்தைச் செய்வதற்கு மைக்ரோ வெடித்தல் கள் முறையும் பயன்படுத்தப்படலாம். இம்மு றைக்கு நல்ல எதிர்காலமுண்டு என அறி வியலாளர்கள் கருதுகின்றனர்.

இம்முறையைச் சற்றே ஆராய்வோம். ட்யூ டிரிய — ட்ரைடிய கலவையிலிருந்து 1 — 2 மி.மீ விட்டமுடைய உறுதியான சிறிய குண்டுகளைத் தயாரிக்கின்றனர். இக் குண்டின் மீது பல்வேறு திசைகளிலிருந்து அதிதிறன் வாய்ந்த லாசர் அல்லது எலெக்ட்ரான் கதிர்கள் செலுத்தப் படுகின்றன. கதிர்வீச்சு நேரம் மிக மிகக் குறைவானதாக (ஏறக்குறைய விநாடியின் பில் லியனில் ஒரு பகுதி) இருக்க வேண்டும். இக் குறைந்த நேரத்திற்குள் அதிக ஆற்றலுடைய கதிர்வீச்சின் விளைவாக, குண்டு முழுவதும் ஆவியாகக் கூடாது. ஆனால் அதன் மேற்பரப் பிலுள்ள படலங்கள் மட்டும் ஆவியாக வேண் டியது இன்றியமையாததாகும். கதிர்வீச்சின் பொழுது குண்டின் மேற்படலங்கள் ட்யூடிரிய — ட்ரைடிய பிளாஸ்மாவாக மாறி பல்வேறு திசைகளில் தெறிப்பது மட்டுமன்றி குண்டின் ஆவியாகாத மையப்பகுதி சுருங்குகிறது (ஒரு சில நூறுகள், ஏன் ஆயிரம் மடங்குகள் கூட). மையப் பகுதி சுருங்குவதுமட்டுமன்றி சூடேற் றவும்படுவதால் வெப்ப அணுக்கரு மாற்றம் நடைபெறுகிறது. ‘இலக்கு’ என அழைக்கப்படுகிற குண்டு அதிக நேரம் கதிர்வீச்சுக்குட்படுத் தப்பட்டு முழுவதும் ஆவியானால் வெப்ப அணுக்கரு மாற்றம் நடைபெறாது.

வெப்ப அணுக்கரு மாற்றம் தோன்றுவதற்கு லாவுசன் எண்ணால் வரையறுக்கப்படும் நிபந்தனை கள் நிறைவேற்றப்பட வேண்டும் என்பது

தெரிந்ததே. ஆகவே, D + T-மாற்றம் தோன்றுவதற்கு, பிளாஸ்மாவுடைய அடர்த்தி (ட்யூடிரிய, ட்ரைடிய அணுக்கருக்களின் செறிவு), நிலைநிறுத்து நேரம் ஆகியவற்றின் பெருக்குத்தொகை ஒரு குறிப்பிட்ட மதிப்புக்குக் கீழ் இருக்கக் கூடாது. வெப்பநிலையைச் சார்ந்துள்ள இம்மதிப்பு லாவுசன் எண்ணால் வரையறுக்கப்படுகிறது. இப்பொழுது நாம் ஆராய்ந்து கொண்டிருக்கும் முறையில் கிடைக்கும் பிளாஸ்மாவின் அடர்த்தி (இலக்கு — திடப்பொருள், அதன் மேற்பகுதி அதிக அழுத்தத்திற்குட்படுத்தப்படுகிறது) தோக்கமாக்குகளில் கிடைக்கும் பிளாஸ்மாவின் அடர்த்தியைவிட பல மடங்குகள் அதிகமானது. ஆனால் பிளாஸ்மாவை நிலைநிறுத்து நேரமோ மிகமிகக் குறைவானது (இலக்கின் மீது கதிர் வீசப்படும் நேரம் — வினாடியின் பில்லியனில் ஒரு பகுதி).

இவ்வாறு, ட்யூடிரிய-ட்ரைடிய குண்டுகள்-இலக்குகள் — இடையறாது ஒன்றன்பின் ஒன்றாக வெடிக்கும்பொழுது வெப்ப அணுக்கரு மாற்றம் நடைபெறுகிறது. எனவேதான் இம்முறை மைக்ரோ வெடித்தல்கள் முறை என அழைக்கப்படுகிறது. இம்முறையில், பிளாஸ்மாவை காந்தப்புலம் கொண்டு காப்பீடு செய்ய வேண்டிய அவசியம் இல்லை. ஏனெனில் வெப்ப அணுக்கரு மாற்றம் நடைபெறும் நேரம் மிகக் குறைவாக இருப்பதனால் பிளாஸ்மாவின் வெப்பநிலை குறைவதற்கு முன்னரே அணுக்கரு மாற்றம் முடிந்துவிடுகிறது.

கட்டுப்பாட்டுடன் கூடிய வெப்ப அணுக்கரு மாற்றத்தைச் செய்வதற்காக மைக்ரோ வெடித்தல் கள் முறையைப் பயன்படுத்தும் பொழுது ஒரு சில அதிசிக்கலான பிரச்சினைகள் எழுகின்றன.

அவையாவன. 1 — 2 மி.மீ விட்டமுடைய குண்டின் மீது லாசர் அல்லது எலெக்ட்ரான் கதிர்களைப் பாய்ச்சுகையில், மிகக் குறைந்த நேரத்திற்குள் அதன் எல்லாப் பக்கங்களின் மீதும் ஒரேப்போல கதிர்களை விழச் செய்வதற் காக, குறைந்த பட்சம் 8 லாசர் அல்லது எலெக்ட்ரான் கதிர்கள் தேவை. இக்கதிர்கள் ஒரே சமயத்தில் பாய வேண்டும். மேலும் அவை ஒளிர்விடும் நேரம் விநாடியின் பில்லியனில் ஒரு சில பகுதிகளுக்கு மேலாகக் கூடாது. ஒரே சமயத்தில் செயல்படும் இக்கதிர்களிலிருந்து குண்டு அதாவது இலக்கு பெறக்கூடிய மொத்த ஆற்றல் 100 கி.ஜூல் ஐவிடக் குறைவாக இருக்கக் கூடாது என்பதைக் கணக்கீடுகள் காட்டுகின்றன. கதிர்கள் செயல்படும் நேரம் மிகமிகக் குறை வானது — விநாடியின் பில்லியனில் ஒருசில பகுதிகள் அல்லது நான விநாடிகள் ('நான' என்ற சொல் 'Nannos' என்ற கிரேக்க சொல்லிலிருந்து வந்தது. 'Nannos' என்றால் பில்லியனில் ஒருபகுதி என்று பொருள் — மொ-ர்). முடிவாக, இவ்வெப்ப அணுக்கரு மாற்றத்தின் விளைவாக வெளிவரும் ஆற்றல் (ஒருசில நானவிநாடிகளில்) ஏறக்குறைய 100 பில்லியன் கி. வாட் திறன் கொண்டது. இக் குறைந்த நேரத்திற்குள்

இந்த அளவு திறனை சேமிக்க வல்ல ஆற்றல் சேமிப்பானை உருவாக்குவது எளிதல்ல. அதுமட்டுமல்லாமல் இலக்குகளின் மீதான கதிர்வீச்சு ஒன்றன் பின் ஒன்றாக நிகழ வேண்டும்.

இவைமட்டுமல்லாமல் வேறு சில சிக்கலான பிரச்சினைகளும் உள்ளன. ஆனால் அவற்றைப் பற்றி நாம் இங்கே பார்க்கப் போவதில்லை.

கட்டுப்படுத்தப்படக்கூடிய வெப்ப அணுக்கரு மாற்றத்தை ஆற்றலை உருவாக்கப் பயன்படுத்துவது பொருளாதார வளர்ச்சிக்கு மிகவும் இன்றியமையாததாகும். ஆனால் இவ்வெப்ப அணுக்கரு மாற்றத்தைப் பயன்படுத்துவது சம்பந்தப்பட்ட பிரச்சினைகளுக்கு இன்னும் முழுமையான தீர்வுகள் இல்லை. ஆகவே இத்துறையில் ஆராய்ச்சிகளைத் தொடர்ந்து நடத்த வேண்டும்.

சூரிய ஆற்றல். சூரிய ஆற்றல், நீராற்றல், காற்றாற்றல், கடல் எழுச்சியாற்றல், கடல் அலையாற்றல் போன்றவை மனித செயற்பாட்டின் விளைவாகக் குறைவதில்லை. இந்த ஆற்றல் தோற்றுவாய்களை வற்றாத ஆற்றல் தோற்றுவாய்கள் என்பர். இவையனைத்தும் சூரியனிலிருந்து தோன்றியவையே (கடல் எழுச்சிகள் கூட சூரியன், சந்திரன் ஆகியவற்றின் கவர்ச்சி விசையினாலேயே உண்டாகின்றன). பூமிக்கு அடியிலிருக்கும் வெப்பம் அதாவது நிலவெப்பம் வற்றாத ஆற்றல் தோற்றுவாய்களின் வரிசையில் வைக்கப்படுகிறது. வேதியியல் மாற்றங்கள், கதிரியக்கத் தன்மை



யுள்ள தனிமங்களின் சிதைவு மற்றும் வேறுசில செயல்முறைகளின் விளைவாகவே பூமிக்கு அடியில் வெப்பம் உண்டாகிறது என அறிவியல் கூறுகிறது. சூரிய கதிர்கள் பூமியினுள் மிகக் குறைந்த ஆழத்திற்கே செல்கின்றன. நாம் நிலவெப்பத்தை வற்ருத ஆற்றல் தோற்றுவாய் என அழைக்கக் காரணம் அதன் அளவு எல்லையற்றதாக இருப்பதேயாகும்.

வற்ருத ஆற்றல் தோற்றுவாய்களிலேயே மிகப் பெரியது சூரியன்தான். சூரிய கதிர்வீச்சின் முழு திறன் மிகப் பெரிய எண்ணுகை (4×10^{26} வாட் அல்லது 4×10^{14} பில்லியன் கி. வாட்) உள்ளது. சூரியனுடன் ஒப்பிடுவதற்கு ஏற்ற ஆற்றல் தோற்றுவாய் பூமியில் கிடையாது. பூமிக்கு அருகாமையில், அதாவது சூரியனிலிருந்து 150 மில்லியன் கி.மீ தூரத்தில், சூரிய கதிர்களுக்குச் செங்குத்தாக அமைந்துள்ள ஒவ்வொரு சதுர மீட்டர் பரப்பிற்கும் 1.4 கி. வாட் திறனைக் கொண்ட சூரிய கதிராற்றல் கிடைக்கிறது.

பூமியின் குறுக்குவெட்டுப் பரப்பு நமக்குத் தெரிந்தால் (இது ஏறக்குறைய 127.6×10^{6} கி.மீ^{2}, பூமியின் சராசரி ஆரம் 6370 கி.மீ) பூமிக்கு வரும் சூரியக் கதிர்களின் முழு திறனை நாம் எளிதாகக் கணக்கிடலாம். இது ஏறக்குறைய 178.6×10^{12} கி. வாட் ஆக உள்ளது. ஆகவே ஒரு வருடத்தில் கதிராற்றலின் வடிவத்தில் பூமிக்கு கிட்டத்தட்ட 1.56×10^{18} கி. வாட்·மணி ஆற்றல் கிடைக்கிறது. சமீபத்தில், ஆர்வமூட்டக்கூடிய

ஒரு ஆராய்ச்சிக் கட்டுரை* வெளியிடப்பட்டது. அதன் ஆசிரியர்கள் மனிதனுடைய சுய திறனையும் (Specific Power) சூரியனுடைய சுய திறனையும் ஒப்பிட்டு வியக்கத்தகு முடிவுகளைப் பெற்றனர். அவர்கள் மனிதனுடைய திறன் ஏறக்குறைய 140 வாட் என மதிப்பிடுகின்றனர். சூரியனுடைய திறனைப் பொறுத்தவரையில் அது 4×10^{23} கி. வாட் என நாம் சிறிது நேரத்திற்கு முன்னர்தான் கூறினோம். இவ்விரண்டையும் ஒப்பிடுகையில், சூரியனுடைய திறன் மனிதனுடைய திறனைவிட 3×10^{15} பில்லியன் மடங்குகள் (3×10^{24} மடங்குகள்) அதிகமானது எனத் தெரியவருகிறது.

ஆனால் மனிதனுடைய சுய திறனையும் சூரியனுடைய சுய திறனையும் ஒப்பிடுகையில் நமக்கு முற்றிலும் வேறான முடிவு கிடைக்கிறது. சுயதிறன் என்பது ஒரு அலகு பொருண்மைக்கு கணக்கிடப்படும் திறனாகும். சூரியனுடைய பொருண் மையை ஏறக்குறைய 2×10^{30} கி.கி எனவும் மனிதனுடைய பொருண்மையை 80 கி.கி எனவும் எடுத்துக் கொண்டால் சூரியனுடைய சுய திறன் 4×10^{23} கி.வாட் $\div 2 \times 10^{30}$ கி.கி $= 2 \times 10^{7}$ கி.வாட். / கி.கி; மனிதனுடைய சுய தறன் 0.14 கி.வாட் $\div 80$ கி.கி. $= 1.75 \times 10^{3}$ கி.வாட் /கி.கி எனக் கிடைக்கிறது. இதிலிருந்து மனிதனுடைய

---

* லாங்கே வி, லாங்கே டி. "சூரியனுடைய சுய திறனும் மனிதனுடைய சுய திறனும்" — குவாண்ட், 1981, 4, ப. 9.

சுய திறன் சூரியனுடைய சுய திறனைவிட 10 ஆயிரம் மடங்குகள் அதிகமானது என்பது தெரிகிறது. முரணானது போலத் தோன்றும் இந்த முடிவின் (Paradoxal result) ரகசியம் மீண்டும் வடிவியல் காரணியிலேயே (கனஅளவிற்கும் பரப்பளவிற்குமுள்ள விகிதம்) அடங்கியுள்ளது.

பூமிக்கு அருகாமையில், சூரிய கதிர்களுக்குச் செங்குத்தாக அமைந்திருக்கும் 1 மீ^{2} பரப்பிற்கு 1.4 கி.வாட் திறனைக் கொண்ட சூரிய ஆற்றல் கிடைக்கிறது. ஆனால் 1 மீ^{2} பரப்பளவுள்ள பூமியின் மேற்பரப்பிற்கு மேற்கூறிய கணியத்தில் கால் பகுதியே* அதாவது 0.35 கி.வாட் திறனைக் கொண்ட சூரிய ஆற்றலே கிடைக்கிறது. பூமியின் வளிமண்டலம் சூரியக்கதிர்களைப் பிரதிபலிக்கிற காரணத்தினால் பூமிக்கு வரும் சூரிய கதிர்களில் பாதிக்குமேல் பூமியை (நிலம், சமுத்திரம்) அடைவதில்லை. 1 மீ^{2} பரப்பளவுள்ள பூமியின் மேற்பரப்பிற்கு (நிலம், சமுத்திரம்) சராசரியாக 0.16 கி.வாட் திறன் கொண்ட சூரிய ஆற்றல் கிடைக்கிறது எனக் கருதப்படுகிறது. இந்த எண்கூட மிகப் பெரியதாகும். பூமியின் மேற்பரப்பு முழுவதற்கும் கிடைக்கும் சூரிய ஆற்றல் ஏறக்குறைய 10^{14} கி.வாட்

---

* கால் பகுதி கிடைக்கிறது. ஏனெனில் பூமியின் குறுக்குவெட்டுப் பரப்பிற்கும் (πR^2) அதன் கோளத்தின் பரப்பிற்கும் ($4\pi R^2$) உள்ள விகிதம் 0.25 க்குச் சமமாகும்.

(10^5 பில்லியன் கி.வாட்) திறன் கொண்டதாக இருக்கும். இத்திறனே (இதைவிட ஆயிரம் மடங்குகள் குறைவான திறன்கூட) மனித குலத்திற்குப் போதுமானது.

தற்பொழுது சூரிய ஆற்றல் எவ்வாறு பயன்படுத்தப்படுகிறது?

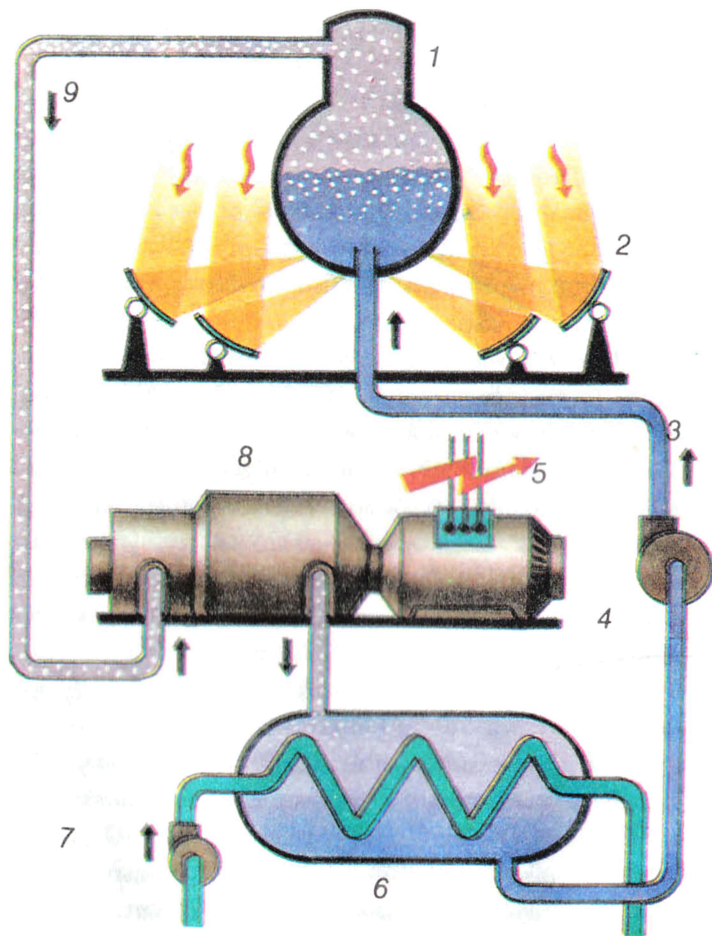
சூரிய ஆற்றலிலிருந்து மின்னாற்றலை உற்பத்திசெய்ய மற்றும் வெப்பத்தைப் பெறுவதற்கான வழிமுறைகளைக் காண்போம். சூரிய ஆற்றலிலிருந்து மின்னாற்றலைப் பெறுவது இன்னும் முழு வெற்றியடையவில்லை. இது குறித்த ஆராய்ச்சிகள், குறிப்பாக கதிராற்றலை நேரடியாக மின்னாற்றலாக மாற்றவல்ல அரைக்கடத்தி ஒளிமின் மாற்றிகளைப் பயன்படுத்துதல்; கரியில் வேலை செய்யும் சாதாரண நீராவிக் கொதிகலனுக்கு பதிலாக ''சூரிய'' நீராவிக் கொதிகலனைப் பயன்படுத்துதல் ஆகிய இரண்டு திசைகளில் நடத்தப்பட்டு வருகின்றன.

ஆனால் சூரிய ஆற்றல் பூமிமுழுவதும் பரவிக் கிடப்பது, பகலில் மட்டுமே சூரிய ஆற்றல் கிடைப்பது, ஒளிமின் மாற்றிகளைச் செய்வதற்கு ஆகும் அதிகமான செலவுபோன்றவை இவ்விரண்டு முறை களைப் பயன்படுத்த இடையூறாக உள்ளன. ஒளிமின் மாற்றிகளைப் பயன்படுத்தும் பொழுது 1 கி.வாட் ஸ்தாபிக்கப்பட்ட திறனுடைய (Installed power) அடக்கவிலை (முதலீட்டுக் கணியம்) 10 ஆயிரம் ரூபிளாக உள்ளது. அதேசமயத்தில் அது அணுமின்நிலையத்திற்கு 370 ரூபிள்கள்,

நீர்மின்நிலையத்திற்கு 350 ரூபிள்கள், வெப்ப மின்நிலையத்திற்கு 200 ரூபிள்கள் என்பதை இங்கு நினைவு கூர்வோம். ஆனால் இந்த அடக் கவிலைகளில் அங்கக, அணுக்கரு எரிபொருள் தொழிற்சாலைகளுக்குச் செய்யப்படும் முதலீடு சேர்க்கப்படவில்லை.

அரைக்கடத்தி ஒளிமின் மாற்றிகளில் விலையு யர்ந்த மிகச் சுத்தமான சிலிகன் அல்லது ஜெர்மானியம் பயன்படுத்தப்படுகிற காரணத்தினால் தற்பொழுது ஒளிமின் மாற்றிகளைக் கொண்ட சூரிய ஆற்றல் சாதனங்களின் விலை அதிகமாகவே உள்ளது. ஆகவே நம்முடைய பிரதான பணி ஒளிமின்மாற்றிகளின் அடக்கவிலையைக் குறைப் பதே (ஏறக்குறைய 20 மடங்குகள்). இதுமட்டும் நிறைவேற்றப்பட்டால். நாம் சூரிய மின்நிலையங் களைப் பரவலாகப் பயன்படுத்தலாம். சூரிய ஆற்றல் பகலில் மட்டுமே கிடைக்கிறது. வருடத் தின் ஒரு சில மாதங்களில் மிகமிகக் குறைவாகவே கிடைக்கிறத். ஆகவே சூரிய ஆற்றலை எப்பொழு துமே பயன்படுத்த வாய்ப்பளிக்கும் சேமக்கலங் களை நாம் பெற்றிருத்தல் வேண்டும்.

ஒளிமின்மாற்றிகளின் விலை அதிகமாக இருந் தாலும் அவை பொருத்தப்பட்ட சூரிய ஆற்றல் சாதனங்களை விண்வெளிக் கப்பல்களில் மின்னாற்றல் தோற்றுவாய்களாக அதிகமாகப் பயன்படுத் துகின்றனர். விண்வெளி கப்பல்களில் தேவைப் படும் மின்னாற்றலின் அளவு குறைவான காரணத்தினால் இத்தகைய சாதனங்களைப் பயன்


1
9
2
3
8
5
4
7
6

படுத்துவது இலாபகரமானதே. ஒளிமின் மாற்றி கிளைக் கொண்ட சூரிய ஆற்றல் சாதனங்கள் நம்பகரமாக வேலைசெய்யக்கூடியவை. அவற்றின் எடைகள் மற்றும் பரிமாணங்கள் அவ்வளவு அதிகமானவையல்ல.

இப்பொழுது நாம் சூரிய கதிரியக்கத்தை மின்னுற்றலாக மாற்றுவதற்கான சூரிய ஆற்றல் சாதனங்களை ஆராய்வோம். இச்சாதனங்களிலும் நீராவிக் கொதிகலன் (இச்சாதனங்களில் இதற்கு பதிலாக சூரிய கொதிகலன் பொருத்தப்படுகிறது), டர்போ மின்னுக்கி, குளிர்ப்பி, நீர் இறைக்கும் பம்பு போன்றவற்றை உபயோகித்து மின்னுற்றலை உருவாக்கும் 'பழைய' முறை பயன்படுத்தப் படுகிறது.

சூரிய நீராவி விசை சாதனத்தின் அமைப்பு படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளது. இதில் சூரிய கதிர்களை குவிப்பதற்காக சூரியக்கதிர் திரட்டியைப் பயன்படுத்துகின்றர். இச்சூரியக் கதிர் திரட்டி, ஆடிகள் அல்லது லென்சு களாலான தொகுதியாகும். இதன் வேலை சூரியக்கதிர்களை ஒன்று திரட்டுவதே (குவித்தல்). இவ்வாறு குவிக்கையில் சூரியக்கதிர்களின் செறிவு அதிகமாகி, வெப்பமூட்டப்படும் பொருளுடைய வெப்பநிலை

சூரிய நீராவிவிசைசாதனத்தின் விளக்கப்படம்

1 — சூரிய கொதிகலன்; 2 — சூரிய கதிர்திரட்டி; 3 — நீர்; 4 — நீர் இறைக்கும் பம்பு; 5 — மின்னுக்கி; 6 — நீராவி குளிர்ப்பி; 7 — குளிர்விக்கும் நீர் இறைக்கும் பம்பு; 8 — நீராவி டர்பைன்; 9 — நீராவி

உயருகிறது. இதனுலேயே லென்சின் குவியத்தில் வைக்கப்பட்டுள்ள தீக்குச்சியின்மீது சூரியக் கதிர் களைக் குவிக்கையில் அது எரிகிறது. லென்சைப் பனிக்கட்டியிலிருந்து கூடச் செய்யலாம் என்பதை இங்கு குறிப்பிடுவோம். இதன் பொழுது பனிக்கட்டி உருகுவதில்லை. இது மின்காந்த அலைத் தன்மையுடைய கதிர்வீச்சின் உதவிகொண்டு செய்யப்படும் வெப்பமாற்றத்துடைய தனித்தன் மையைக் காட்டுகிறது.

ஆயினும், சூரியக்கதிர்கள், சூரியக்கதிர் திரட்டியிலுள்ள லென்சுகள் ஆகியவற்றின் உதவி கொண்டு சூரியனுடைய மேற்பரப்பின் வெப் பநிலையைவிட (ஏறக்குறைய 5800 K*) அதிகமான வெப்பநிலையைப் பெற முடியாது. இதற்கான காரணம் பின்வருமாறு. சூடேற்றப்படும் பொருள் கதிரியக்கத்தைப் பெற்றுக்கொள்வது மட்டுமல் லாமல் தானும் கதிர்வீசுகிறது. பொருளுடைய கதிர்வீச்சு எந்தளவு அதிகமாக உள்ளதோ அந்தளவு அதன் வெப்பநிலை அதிகமாக இருக்கும். சூடேற்றப்படும் பொருளுடைய வெப்பநிலை சூரியனு டைய மேற்பரப்பின் வெப்பநிலையை அடையு மேயாயின், மேற்கொண்டு அது சூடேறுது. ஏனெனில் பொருளுக்கு எவ்வளவு வெப்பம் கிடைக்குமோ அவ்வளவையும் அது வெளியிடும்.

---

* சூரியனின் மேற்பரப்பின் வெப்பநிலை அதன் உட்படலங் களிலுள்ள வெப்பநிலையைவிட (10 — 15 மில்லியன் K) மிகக் குறைவானது.

கதிரியக்கத் தோற்றுவானுடைய வெப்பநிலையைவிட அதிகமான வெப்பநிலைக்கு பொருளைச் சூடேற்றுவது என்பது வெப்பஇயக்கவியலின் இரண்டாவது விதிக்கு முரணானது. ஆகவே இதைச் செய்ய முடியாது.

சூரிய நீராவிவிசை சாதனத்தின் விளக்கப் படம் வெப்பமின்நிலையத்தின் விளக்கப்படத்திலிருந்து கொதிகலனின் அமைப்பில் மட்டுமே வேறுபடுகிறது. சூரிய நீராவிவிசைச் சாதனத்திலுள்ள கொதிகலனில் கூடுதலாக சூரியக் கதிர்திரட்டி பொருத்தப்பட்டுள்ளது. சூரிய நீராவிவிசை சாதனத்தை அமைக்கையில் அதிசிக்கலான பிரச்சினைகள் எழுவதில்லை. ஆகவே இதை அமைப்பது சாத்தியமானதே. ஆயினும், இச்சாதனங்களைப் பரவலாகப் பயன்படுத்துவதற்கு இடையூறு செய்வது அதை அமைப்பதற்காகும் அதிகமான செலவுதான் (தோராயமான கணக்கீட்டின்படி, சூரிய நீராவிவிசை சாதனம் ஒளிமின்மாற்றிகளைக் கொண்ட சூரிய மின்நிலையத்தைவிட 5 மடங்குகள் மலிவானது. ஆனால் வெப்பமின்நிலையத்தைவிட 5 — 10 மடங்குகள் விலையுயர்ந்தது). எனவே மின்னாற்றலை உற்பத்தி செய்ய சூரிய ஆற்றலைப் பயன்படுத்துவதற்கு அதாவது சூரிய மின்நிலையங்களை அமைப்பதற்காக, முதலில் ஒரு அலகு முதலீட்டின் (மின்நிலையத்தைக் கட்டுவதற்கான செலவை மின்நிலையத்தின் திறனால் வகுக்கும்பொழுது கிடைக்கும் எண் — மொா-ர்) அளவைக் குறைக்க வேண்டும்.

தொழில்நுட்ப-பொருளாதார குறியெண்களின் படி சூரிய ஆற்றலை வெப்பம் பெறுவதற்குப் பயன்படுத்துவது இலாபகரமானது. சூரிய ஆற்றல் சாதனங்களை சூரிய ஆற்றல் அதிகமாக உள்ள இடங்களில் அமைப்பது அதாவது அவற்றை 50° தென் அட்சரேகைக்கும் 50° வட அட்சரேகைக்கும் இடையிலுள்ள பிரதேசங்களில் அமைப்பது பொருளாதாரக் கண்ணோட்டத்தில் சிறந்தது என வல்லுநர்கள் கருது கின்றனர் (படத்தைப் பார்க்க).

வெப்பம் பெறுவதற்கான சூரிய ஆற்றல் சாதனங்களில் கதிர்திரட்டிகளைப் பொருத்தலாம் அல்லது பொருத்தாமலும் விடலாம் ஆனால் சூரியக்கதிர்திரட்டிகளைப் பயன்படுத்துவதன்மூலம் வெப்பத்தணிப்பியின் (அல்லது வேறெந்த சூடேற்றப்படும் பொருளுடைய) வெப்பநிலையை வெகுவாக உயர்த்த முடியும். ஒரே குறை என்னவென்றால் இக்கதிர்திரட்டிகளைக் கொண்ட சூரிய ஆற்றல் சாதனத்தை அமைப்பதற்கு அதிக செலவாகிறது. ஒரு சில சூரிய ஆற்றல் சாதனங்களில் உதாரணமாக, அறையை வெப்பமூட்டுவதற்கான, உப்பு நீரை மென்னீராக்குவதற்கான, அன்றாட வாழ்க்கைக்குத் தேவையான (உதாரணமாக, குளிப்பதற்கான வெந்நீரை அளிக்கும் சாதனங்களில்), பழங்களை உலர்த்துவதற்கான சூரிய ஆற்றல் சாதனங்களில் சூரியக்கதிர்திரட்டிகளைப் பொருத்துவது கிடையாது.

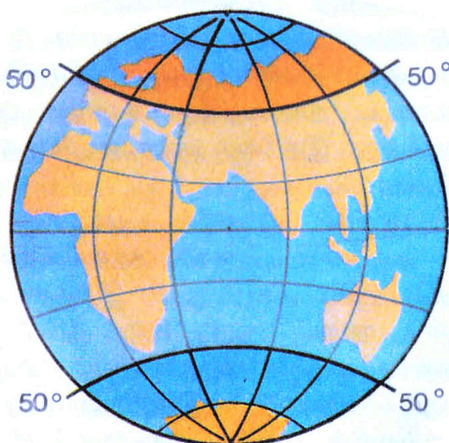
இப்பொழுது உப்பு நீரை மென்னீராக்கும்

சூரிய ஆற்றல் சாதனத்தை (solar desalter) ஆராய்வோம். இச்சாதனத்துடைய சட்டகத்தின் மேற்பகுதி கண்ணாடியால் மூடப்பட்டுள்ளது. கண்ணாடி நிறமாலையின் கண்ணுக்குத் தெரியும் பகுதியிலடங்கிய சூரியக் கதிர்களை எந்தவிதத் தடையுமின்றிக் கடத்துகிறது. ஆனால் அது சாதனத்திலிருந்து வெளியேற முயற்சிக்கும், நிறமாலையின் கீழ்ச் சிவப்புப் பகுதியிலடங்கிய கதிர்களைக் கடத்துவதில்லை. இவ்வாறு, அது சூரியக் கதிர்களைச் சாதனத்தினுள் சிக்கவைக் கிறது. சூரிய கதிரியக்கத்தின் விளைவாக ஆவியான நீர், ஏறக்குறைய சுற்றுப்புற சூழ்நிலை யின் வெப்பநிலையைக் கொண்டுள்ள கண்ணாடியின் கீழ்ப்பகுதியில் (உட்புறமாக அமைந்துள்ள) பட்டு குளிர்ச்சியடைகிறது (பனிக்கட்டியால் செய்யப் பட்ட லென்சை நினைவு கூர்வோம்). கண்ணாடி சாய்வாக அமைந்துள்ளதனால் குளிர்ச்சியடைந்த உப்பகற்றப்பட்ட நீர் வழிந்து கீழுள்ள பாத்திரத் தில் நிரம்புகிறது. இந்நீரை குழாய்வழியாக எடுத்து பயன்படுத்தலாம்.

சூரிய ஆற்றல் பகலில் மட்டுமே இருப் பதாலும் ஒரு சில பருவ காலங்களில் மிகக் குறைவாகவே கிடைப்பதாலும் இத்தகைய வெப் பமூட்டிகள் மற்றும் ஒரு சில சூரிய ஆற்றல் சாதனங்கள் வெப்பசேமக்கலன்களைப் பெற்றிருக்க வேண்டியது மிகவும் இன்றியமையாததாகும். சூரிய ஆற்றலின் விளைவாக சூடேற்றப்பட்ட தண்ணீருள்ள தொட்டிகளை இச்சேமக்கலன்

களாகப் பயன்படுத்தலாம். ஆயினும், எல்லா சாதாரண வெப்பமூட்டிகளையும் சூரிய வெப்பமூட்டிகளால் மாற்றீடு செய்வது என்பது முடியாத ஒன்ருகும். இருந்தாலும், சூரிய வெப்பமூட்டிகளைப் பயன்படுத்துவது இலாபகரமானது. ஏனெனில் இதன் மூலம் 50 — 60 % எரிபொருளைச் சிக்கனப்படுத்தலாம்.

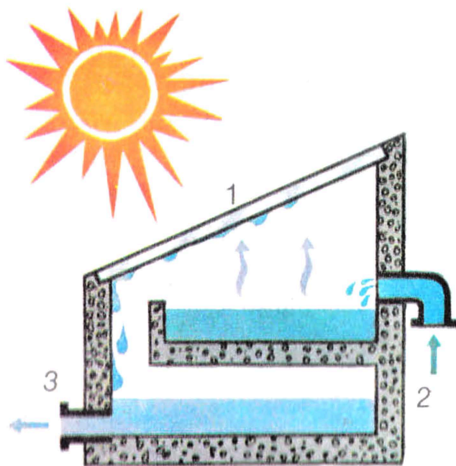
உயர்வெப்பநிலையைப் பெறுவதற்கான ஒருசில சூரிய ஆற்றல் சாதனங்களில், உதாரணமாக, உலோகங்களை உருக்குவதற்காகப் (மிக சுத்தமான உலோகத்தைப் பெறுவதற்காக) பயன்படுத்தப்படும் சூரிய உலைகளில் சூரியக்கதிர் திரட்டிகள் பொருத்தப்படுகின்றன. தற்பொழுது,



சூரிய ஆற்றலைப் பயன்படுத்துவதற்கு ஏற்ற பிரதேசம்

கதிர்திரட்டியின் குவியத்தில் கிடைக்கும் வெப் பநிலையை சூரியனின் மேற்பரப்பின் வெப்பநிலைக்கு அருகிலான வெப்பநிலைக்கு உயர்த்துவதற்கான பணிகள் மேற்கொள்ளப்படுகின்றன (பிரரியா என்ற பிரெஞ்சு நகரத்தில் கட்டப்பட்டுள்ள சூரிய உலையில் 3000°C க்கு மேலான வெப்பநிலை உண்டாக்கப்படுகிறது).

நிலவெப்ப ஆற்றல். நவீன கருத்துக்களின்படி, பூமிக்கு அடியேயுள்ள மிக ஆழமான படலங்கள் மீச்சூடேற்றப்பட்டுள்ளன (பூமியின் கரு 5000°C வெப்பநிலையைக் கொண்டுள்ளது). ஆகவேதான் இப்படலங்களின் 'திடத்தன்மை' வெப்பநிலையைப்



உப்புநீரை மென்னீராக்கும் சூரிய சாதனம்
1 — கண்ணடி; 2 — உப்புநீர்; 3 — உப்பகற்றப்பட்ட நீர்

பொறுத்து மாறுபடுகிறது. பூமியின் 'திட' கோளம் (இது அடிக்கடி 'திட' பூமி என அழைக்கப்படுகிறது) மூன்று கோளங்களாகப் பிரிக்கப்படுகிறது: 7 கி.மீ லிருந்து (சமுத்திரங் களுக்குக் கீழ்) 130 கி.மீ பருமன் கொண்ட நிலப்புறணி; நிலப்புறணிக்குக் கீழ் ஏறக்குறைய 2900 கி.மீ ஆழத்திலான உட்போர்வை; பூமியின் கரு. 'திட' கோளத்தின் ஆரம் ஏறக்குறைய 6371 கி.மீ ஆகும்.

பூமியின் படலங்கள் எந்த அளவுக்கு ஆழமாக இருக்கிறதோ அந்த அளவுக்கு அவற்றின் வெப்பநிலை அதிகமாக உள்ளது. 50 கி.மீ ஆழத்திலுள்ள படலங்களின் வெப்பநிலை ஏறக் குறைய 700 — 800°C; 500 கி.மீ ஆழத்திலுள்ள படலங்களின் வெப்பநிலை 1500 — 2000°C; 1000 கி.மீ ஆழத்தில் 1700 — 2500°C; 2900 கி.மீ ஆழத்தில் (கருவிற்கும் உட்போர்வைக் குமிடையிலான எல்லையில்) 2000 — 4700°C; கடைசியாக, பூமியின் கருவில் அதாவது 6371 கி.மீ ஆழத்தில் 2200 — 5000°C.

பூமியின் கருவிலிருந்து 'திட' பூமியின் வெளிப்பகுதியை நோக்கி வெப்ப ஒழுக்கு வருவதன் காரணமாகவே ஆழம் கூடக்கூட வெப்பநிலை அதிகமாகிறது. இந்த இடையறுத வெப்ப ஒழுக்கு, பூமியிலுள்ள கதிரியக்கத் தனிமங்கள் சிதைவதனுல் உண்டாகிறது.

பூமியின் வரலாற்றை நவீன விஞ்ஞானம் பின்வருமாறு விளக்குகிறது. எரிநட்சத்திரங்களின்

ஏராளமான துகள்கள் ஒன்றுசேர்ந்து பூமி உருவாகியது. அது உருவாகியவுடன் அதன் உட்பகுதியின் வெப்பநிலை 700 — 2000°C ஆக இருந்தது. பூமி எப்பொழுதுமே உருகிய நிலையில் இருக்கவில்லை போலத்தான் தோன்றுகிறது. இருந்தாலும், பூமியின் கரு குறித்து அறிவியலாளர்கள் வெவ்வேறு கருத்துக்களைக் கொண்டுள்ளனர். காலப்போக்கில், கதிரியக்கத் தனிமங்களின் சிதைவின் விளைவாக பூமிக்கு அடியேயுள்ள ஆழமான படலங்கள் சூடேறத் தொடங்கின. இதனால் ஏற்பட்ட வெப்பஒழுக்கு 'திட' பூமியின் உட்பகுதியிலிருந்து அதன் மேற்பகுதியை நோக்கி நகரத் தொடங்கியது. பூமிக்கு அடியியே மிக ஆழமான இடங்களிலுள்ள படலங்கள் மெதுவாகச் சூடேற்றப்பட்டு சில மில்லியன் ஆண்டுகளில் அதன் வெப்பநிலை ஒரு சில டிகிரிகள் உயரக்கூடும் என்றும் அப்பொழுது, பூமியின் மேற்பரப்பிலுள்ள படலங்கள், சூடாவதைவிட மெதுவாகவே குளிர்ச்சியடையும் என்றும் கருதப்படுகிறது.

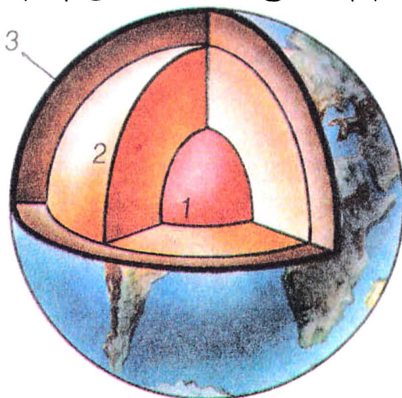
பூமியின் மையத்திலிருந்து மேற்பரப்பை நோக்கி வரும் வெப்ப ஒழுக்கின் திறன், பூமிக்கு வரும் சூரிய கதிரியக்கத்தின் திறனைவிட 4000 மடங்குகள் குறைவானது. ஆனால் அது, உலகிலுள்ள மின்நிலையங்களின் மொத்த திறனைவிட 30 மடங்குகள் அதிகமானதாகும். ஆழமான உட்பகுதியிலிருந்து பூமியின் மேற்பரப்பிற்கு வரும் வெப்பம் பூமி முழுவதும் பரவுகிறது

(ஒரு சதுர மீட்டருக்கு சராசரியாக 0.05 வாட்). ஆனால் இவ்வெப்பத்தினால் பூமியின் பருவநிலை எந்தவிதத்திலும் பாதிக்கப்படுவதில்லை. பூமியின் கரு மற்றும் உட் போர்வையில் சேமிக்கப்பட்டுள்ள வெப்பத்தின் அளவு மிக அதிகமாக இருப்பதனால் அவ்வெப்பத்தைப் பயன்படுத்துவது பற்றிய கேள்விகள் எழுவதில் ஆச்சரியமொன்றுமில்லை. நில வெப்ப ஆற்றலின் அளவு என்ன? பொதுவாக, பூமிக்கு அடியே 5 — 10 கி.மீ ஆழத்திலுள்ள படலங்களைப் பூமியின் மேற்பரப்பின் வெப்பநிலைக்குக் குளிரச் செய்யும் பொழுது கிடைக்கும் வெப்பத்தின் அளவைக் கொண்டுதான் நில வெப்ப ஆற்றலின் அளவு நிர்ணயிக்கப்படுகிறது. உண்மையில், இவ்வாறு கணக்கிடப்படும் நிலவெப்ப ஆற்றலின் அளவு தோராயமானதாகும்.

இப்பொழுது, பூமிக்கு அடியே 5 கி.மீ ஆழத்திலுள்ள படலங்களை எடுத்துக் கொள்வோம். அங்குள்ள நிலவெப்ப ஆற்றலின் அளவு கிட்டத்தட்ட 4×10^{18} கி.ஜூல் அல்லது 1.4×10^{14} டன் சம எரிபொருளாகும். இது உலகிலுள்ள மொத்த அங்கக எரிபொருள் வளத்திற்குச் சமமானது. இந்த நிலவெப்ப ஆற்றலை வற்றாத ஆற்றல்களின் வரிசையில் வைக்கலாம் என்பதை நாம் மறந்துவிடக்கூடாது. தற்பொழுது நிலவெப்ப ஆற்றலை எவ்வாறு பயன்படுத்துகின்றனர்?

பூமிக்கு அடியேயுள்ள வெந்நீர், நீராவி,

சூடேற்றப்பட்ட வறண்ட கனிமங்கள் போன்றவற்றிலுள்ள வெப்பத்தையே நிலவெப்பம் என்கிறோம். பூமியிலிருந்து வெளிவரும் வெந்நீரின் வெப்பநிலை அவ்வளவு அதிகமானதல்ல (100°C ஐவிடக் குறைவானதே). வெப்பத் தோற்றுவாயுடைய வெப்பநிலையைக் கொண்டுதான் அவ் வெப்பத்தோற்றுவாயைப் பயன்படுத்தலாமா வேண்டாமா பயன்படுத்தினால் எந்தளவுக்குப் பயன்படுத்தலாம் என்பது நிர்ணயிக்கப்படுகிறது. பூமியிலுள்ள வெந்நீர் மற்றும் நீராவியின் அளவு மிகவும் குறைவானது. நிலவெப்ப ஆற்றலின் பெரும்பகுதி வறண்ட கனிமங்களில்தான் ஒன்றுதிரட்டப்பட்டுள்ளது. மேலும், சூடேற்றப்பட்ட நீர், நீராவி போன்றவை வெந்நீர் ஊற்றுக்கள், வெப்பத் தோற்றுவாய்கள் ஆகியவற்றின் வடிவங்



'திட' பூமிக்கோளம்

1 — கரு; 2 — உட்போர்வை; 3 — நிலப்புறணி

களில் மிக அரிதாகவே பூமியிலிருந்து வெளிவருகின்றன. பெரும்பாலான நிகழ்ச்சிகளில், இவற்றை வெளிக்கொண்டு வருவதற்கு பூமியில் துளைகள் இடப்படுகின்றன. ஆனால் இதுவரை, தானாகப் பூமியின் மேற்பரப்பிற்கு வரும் வெந்நீரையும் நீராவியையும் மட்டுமே சூடேற்றுவதற்காகப் பயன்படுத்துகின்றனர்.

சூடான கனிமங்களிலிருந்து வெப்பத்தை எடுப்பது சிக்கலானதாகையால் இவ்வெப்பத்தைப் பயன்படுத்து வதற்கு எந்த முயற்சியும் எடுக்கப் படவில்லை. ஆனால் பின்வருவது மட்டும்தான் இவ்வெப்பத்தை எடுப்பதற்கான ஒரே வழியாகும்: பூமியினுள் அதிக ஆழத்திற்கு இரண்டு துளைகள் இடப்பட்டு அவற்றுள் ஒன்றின் வழியாக குளிர்ந்த நீர் விடப்படவேண்டும் அந்நீர் சூடான கனிமங்களின் வழியாகச் சென்று சூடேற்றப் பட்டு மற்ற துளையில் நிரம்பும் சூடேற்றப்பட்ட இந்நீரை வெளியே எடுத்துப் பயன் படுத்தலாம்.

கனிமத்திலுள்ள ஏராளமான நுண் துளைகளின் வழியாகத் தண்ணீர் செல்லும் பொழுது கனிமத்தின் இயல்பமைப்பைப் (Structure) பொறுத்து தண்ணீர் அதிகமாகவோ குறைவாக வோ சூடேற்றப்படுகிறது. தண்ணீரை போதுமான குறைந்தபட்ச வெப்பநிலைக்கு சூடேற்றவல்ல கனிம இயல்பமைப்பை எவ்வாறு தேர்ந்தெடுப் பது? இதைச் செய்வதற்கு என்ன செலவாகும்? இதுபோன்ற கடினமான கேள்விகளுக்குத் தகுந்த

ı ıதில்கள் இதுவரையிலும் கிடையாது.

ஆகவே நிலவெப்ப ஆற்றலைப் பயன்படுத்துவதிலுள்ள பிரச்சினைகளைத் தீர்க்க வேண்டியது மிகவும் இன்றியமையாததாகும்.

இன்றைக்குள்ள அறிவியல் — தொழில்நுட்ப வளர்ச்சியில், தானுக வெளிவரும் வெந்நீர், நீராவி போன்றவற்றிலிருந்து வெப்பத்தை எடுத்து வீடுகள் மற்றும் தொழிற்சாலைகளுக்கு வெப்பம் வழங்குவது சாத்தியமானதே.

நிலவெப்பத்தைப் பயன்படுத்துவது பற்றிய பிரச்சினைகளுக்குத் (வெந்நீர், நீராவி போன்றவற்றை வெளிக்கொண்டு வருவதற்காக பூமியில் துளையிடும் பொழுது ஏற்படும் பிரச்சினைகள், சூடான கனிமங்களிலுள்ள வெப்பத்தைப் பயன்படுத்துவதிலுள்ள பிரச்சினைகள்) தீர்வுகாண்பதற்காக அறிவியல் ஆராய்ச்சிகள் மேற்கொள்ளப்பட வேண்டும்.

காற்று மற்றும் வேறு சில வற்ருத ஆற்றல் தோற்றுவாய்கள். இயற்பியலில் முழுக்கருப்புப் பொருள் என்ற கருத்து உண்டு. தன் மீது விழும் ஒளிக்கற்றைகளை முழுவதும் உட்கொள்ளும் பொருளையே நாம் முழுக்கருப்புப் பொருள் என அழைக்கிருேம். உண்மையில், முழுக்கருப்புப் பொருள் உலகத்தில் கிடையாது. இது அனுமானமாக எடுக்கப்பட்ட பொருளாகும். ஆனல், கருப்புத் தன்மைக் கெழுவின் (Blackness Coefficient) (ஒப்பிடப்படும் பொருளுடைய

கதிர் உட்கொள் திறனுக்கும் முழுக்கருப்புப் பொருளின் கதிர் உட்கொள் திறனுக்குமுள்ள விகி தம்) உதவி கொண்டு, எல்லாப் பொருட்களையும் அனுமானமாக எடுக்கப்பட்ட முழுக்கருப்புப் பொருளுடன் ஒப்பிடலாம். ஒரு சில உண்மையான பொருட்கள், (உதாரணமாக, புகை) தனது பண்புகளில் முழுக்கருப்புப் பொருளுக்கு அருகிலா னவை.

பூமியின் மேற்பரப்பிலுள்ள எல்லா இடங்களும் ஒரே கருப்புத் தன்மைக் கெழுவைக் கொண் டிருப்பதில்லை. ஆகவேதான் சூரிய கதிரியக்கத்தின் விளைவாக அவ்விடங்களில் வெவ்வேறு வெப்பநிலை உண்டாகிறது. வளிமண்டலத்தில் கீழுள்ள படலங் களும் சமச்சீராக சூடேற்றப்படுவதில்லை. இதன் விளைவாக, உயரம் ஒன்றாக இருந்தாலும் காற்றின் அழுத்தம் வேறுபடுகிறது. இவ்வழுத்த வேறுபாட்டின் காரணமாகவே காற்று உண் டாகிறது.

5 — 8 மீ / விநாடி வேகமுடைய காற்றை மித மான காற்று என்றும் 14 மீ / விநாடி வேகமுடைய காற்றை சக்தி வாய்ந்த காற்று என்றும் 20 — 25 மீ / விநாடி வேகமுடைய காற்றைப் புயலென்றும் 30 மீ / விநாடிக்கு மேலான வேகமு டைய காற்றைச் சூறாவெளி என்றும் அழைக் கின்றனர். ஒருசில சமயங்களில் காற்றின் வேகம் 100 மீ / விநாடிக்கு மேல் போகிறது.

பூமிக்கு வரும் சூரிய கதிரியக்கத்தில் ஏறக் குறைய 2 % மட்டுமே காற்றாற்றலாக மாற்றப்

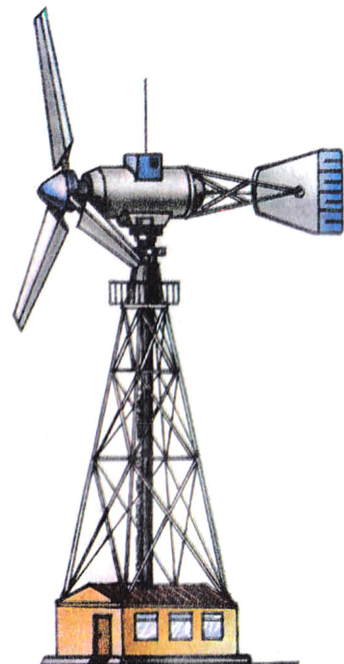
படுகிறது. காற்று மிகப்பெரிய வற்றாத ஆற்றல் தோற்றுவாயாகும். அதன் ஆற்றலை உலகிலுள்ள ஏறக்குறைய எல்லா இடங்களிலும் பயன்படுத் தலாம். ஆனால் காற்றாற்றல் ஓரிடத்தில் குவிந் திராமல் உலகெங்கும் பரவியிருப்பது, காற்றின் நிலையின்மை போன்றவை இவ்வாற்றலைப் பயன் படுத்துவதற்கு இடையூறு செய்கின்றன.

காற்றாற்றலுக்கு நல்ல எதிர்காலமுண்டு என சோவியத்து நாட்டு வல்லுநர்கள் கருதுகின்றனர். தண்ணீர் இறைப்பதற்கு மற்றும் மின்சேமக் கலங்களை மின்னேற்றம் செய்வதற்குத் தேவையான குறைந்த திறனுடைய காற்றுவிசை சாதனங்களை அமைத்தல், மின்னாற்றலை உற்பத்தி செய்வதற் கான திறன் வாய்ந்த காற்று எஞ்சின்களை உருவாக்குதல் போன்ற பணிகள் மேற்கொள் ளப்படுகின்றன.

நகரத்திலிருந்து அதிக தூரம் தள்ளியிருக்கும் விவசாயப் பண்ணைகளுக்குத் தேவையான காற் றுவிசை சாதனங்களை . சோவியத்து யூனியனிலுள்ள தொழிற்சாலைகள் உற்பத்தி செய்துவருகின்றன. தற்பொழுது சோவியத்து யூனியனில் 10 ஆயிரத் திற்கு மேலான காற்றுவிசை சாதனங்கள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. அவற்றுள் ஒன்று படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளது. மின்னாற்றலை உற்பத்தி செய்வதற்கான திறன் வாய்ந்த காற்றுவிசை சாதனங்களை உருவாக்குவதில் சோவியத்து யூனியன், அமெரிக்கா, பிரான்சு, மேற்கு ஜெர்மனி இன்னும் வேறு சில நாடுகளின்

வல்லுநர்கள் தீவிரமாக ஈடுபட்டு வருகின்றனர். ஆனால் இப்பணிகள் இன்னும் சோதனைக் கட்டத்தைத் தாண்டவில்லை.

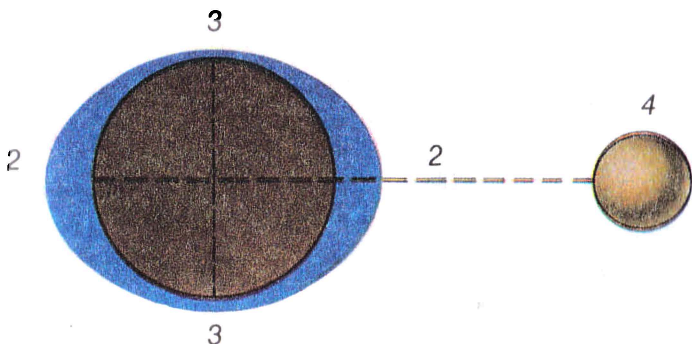
கடல் எழுச்சிகள், கடல் அலைகள் போன்றவற்றின் ஆற்றல்களையும் வற்றாத ஆற்றல்களின் வரிசையில் சேர்க்கின்றனர். சந்திரன் மற்றும் சூரியனுடைய கவர்ச்சி விசைகளின் விளைவாக கடல் மட்டங்கள் மாறுவதனாலேயே கடல் எழுச்சிகளும் இறக்கங்களும் ஏற்படுகின்றன.



காற்றுவிசைச்சாதனம்

ஐ. நியூட்டனுடைய கொள்கையின்படி, (அவர் கணக்கீடுகளை ஓரளவு எளிதாக்குவதற்காக, பூமியின் மேற்பரப்பு முழுவதும் தண்ணீரால் மூடப்பட்டுள்ளது என வைத்துக் கொண்டார்) சந்திரனின் கவர்ச்சி விசை செயற்படுகையில் கோள வடிவமான பூமியின் நீர்மண்டலம் நீள்வட்ட வடிவமாக மாறுகிறது. அந்த நீள்வட்டத்தின் பெரிய அச்சு சந்திரனை நோக்கியுள்ளது (படத்தைப் பார்க்க). பூமி தன்னுடைய அச்சை மையமாகக் கொண்டு சுற்றுவதால் ஒரு நாளில் இரண்டு எழுச்சிகளும் இரண்டு இறக்கங்களும் உண்டாகின்றன. கடல்மட்ட வித்தியாசம் 1 மீட்டருக்குமேல் போகாது என நியூட்டன் கருதினார்.

ஆனால், உண்மையில், சமுத்திரம் பூமியின் முழுப்பரப்பையும் மூடியிருக்கவில்லை ஆகவே, கடல்



கடல் எழுச்சிகள் மற்றும் இறக்கங்கள் தோன்றுதல்
1 — பூமி; 2 — ஏற்றம்; 3 — இறக்கம்; 4 — சந்திரன்

12–410

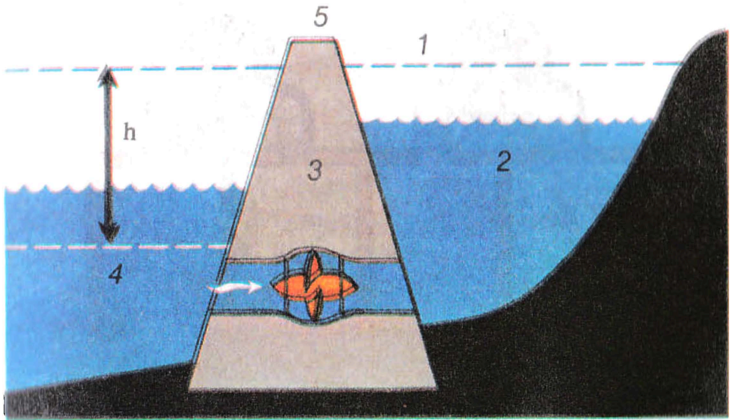
எழுச்சியின் தன்மையும் அதன் கணியமும் சந்திரன் மற்றும் சூரியனைச் சார்ந்த பூமியின் நிலையை மட்டும் சார்ந்திராமல் புவி அட்சரேகை, கடலுடைய ஆழம், கடல் எல்லைக்கோடுகள் ஆகியவற்றையும் சார்ந்துள்ளன. கடற்கரைக்கு அருகேயுள்ள ஒருசில இடங்களில் கடல் மட்ட வித்தியாசம் 15 மீட்டருக்குமேல் போகிறது. உதாரணமாக, இங்கிலீஷ் கால்வாயிலுள்ள ஒருசில பகுதிகளில் கடல் எழுச்சி 15 மீட்டராகும். ஒகோட்ஸ்க் கடலிலுள்ள பென்ஜீன்ஸ்கா வளைகுடாவில் அது 13 மீட்டராகவும் வெண்கடலிலுள்ள ஒரு சில இடங்களில் 10 மீட்டராகவும் உள்ளது. அதேநேரத்தில் கனடாவுடைய அட்லாண்டிக் சமுத்திரக் கரைப் பகுதியிலுள்ள ஒரு சில இடங்களில் கடல் எழுச்சி 18 மீட்டர் வரை போகிறது.

தற்பொழுது, இரண்டு பெரிய எழுச்சிமின் நிலையங்கள் கட்டப்பட்டுள்ளன. அவற்றுள் ஒன்று 1966 ஆம் ஆண்டு பிரான்சிலுள்ள ரான்ஸ் நதியின் குறுக்கே கட்டப்பட்டது. அதன் திறன் 240 ஆயிரம் கி. வாட்டாகும். மற்றது சோவியத்து யூனியனிலுள்ள கிஸ்லோகுப்ஸ்க் எழுச்சி .மின் நிலையமாகும். 800கி.வாட் திறன் கொண்ட இந்த எழுச்சிமின்நிலையம் 1968 ஆம் ஆண்டு மூர்மன்ஸ்க்கு அருகிலுள்ள பாரென்ட்ஸ் கடற் கரையில் நிர்மாணிக்கப்பட்டது.

எழுச்சிமின்நிலையத்தின் அமைப்பு மிகவும் எளிதானது (படத்தைப் பார்க்க). இம்மின்நிலையங்களை அதிக கடல் எழுச்சி இடங்களில் கட்டுகின்

றனர். படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ள h உயரம் என்பது கடல் எழுச்சிக்கும் இறக்கத்திற்குமுள்ள வித்தியாசமாகும். கடல் எழுச்சி அதிகமாக உள்ள இடத்தில் அணையைக் கட்டுவதன் விளைவாக நீர்த்தேக்கம் உண்டாகும். இவ்வணையில் பொருத்தப்பட்டுள்ள சாதனம், இரண்டு பக்கங்களின் வழியாகத் தண்ணீர் வரும்பொழுதும் நீர்டர்போ மின்னுக்கியாக வேலைசெய்ய வல்லதாக இருக்க வேண்டும்.

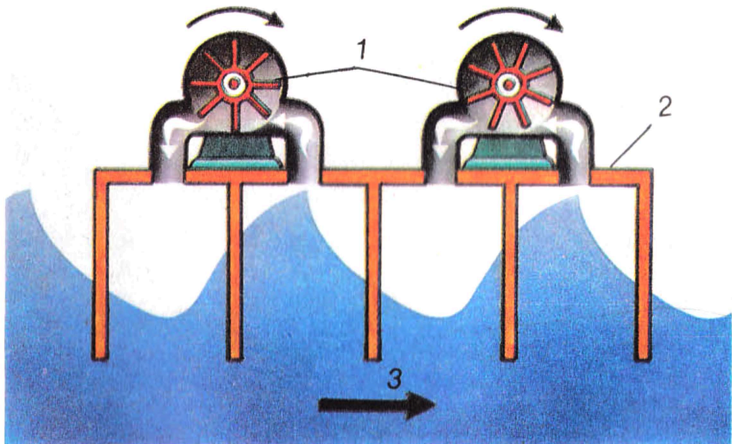
பூமியிலுள்ள கடல்கள், சமுத்திரங்கள் ஆகியவற்றில் உண்டாகும் எழுச்சிகளின் மொத்த திறன் 3 பில்லியன் கி.வாட் என மதிப்பிடப்படுகிறது.



எழுச்சிமின்நிலையத்தின் விளக்கப்படம்

1 — அதிகபட்ச நீர்மட்டம்; 2 — நீர்த்தேக்கம்; 3 — இருபக்கங்களிலும் வேலைசெய்யக்கூடிய நீர்டர்போமின்னுக்கி; 4 — குறைந்தபட்ச நீர்மட்டம்; 5 — அணைக்கட்டு

இது மிகப் பெரிய எண்ணுகும். இருந்தாலும் எழுச்சிமின்நிலையங்களுக்கு நல்ல எதிர்காலம் கிடையாது போலத் தோன்றுகிறது. ஏனெனில் எழுச்சிமின்நிலையங்களைக் கட்டுவதற்கு ஏற்ற (பொருளாதாரக் கண்ணேட்டத்தில் சிறந்த) இடங்கள் 30 க்கு மேல் கிடையாது. அப்படியே அவ்விடங்களில் மின்நிலையங்கள் அமைக்கப்பட்டாலும் அவற்றின் மொத்த திறன் 100 மில்லியன் கி. வாட்டுக்கு மேல் போகாது. இதுமட்டுமல்லாமல், வருடத்தில் மிகக் குறைந்த நாட்களே இம்மின்நிலையங்கள் முழுதிறனில் வேலைசெய்கின்றன. ஆனல் இவற்றை நிர்மாணிப்பதற்காகும்



கடல் அலை ஆற்றலைப் பயன்படுத்தும் காற்று எஞ்சினின் விளக்கப்படம்

1 — காற்று டர்பைன்கள்; 2 — மேடை; 3 — கடல் அலைகள் செல்லும் திசை

செலவோ நீர்மின்நிலையங்களைக் கட்டுவதற்கு ஆகும் செலவை விட அதிகமானது.

இப்பொழுது நாம் இன்னொரு வற்றாத ஆற்றல் தோற்றுவாயைப் பற்றி அதாவது கடல் அலைகளைப் பற்றிப் பார்ப்போம். கடல் அலைகள் காற்றினால் உண்டாகின்றன. அவற்றின் ஆற்றல் கடலின் மேற்பரப்புடைய நிலையைப் பொறுத்தது. கடல் அலைகளின் சராசரி வருட திறன் மிக அதிகமானதாகும். 1 மீட்டர் நீள இடைவெளியிலுள்ள அலைகளிலிருந்து ஒரு சில டஜன் கி.வாட் திறனைப் பெறமுடியும். அலையாற் றலை கடற்கரையில் எடுக்காமல் திறந்த கடலில் எடுப்பதே சிறந்தது என வல்லுநர்கள் கருதுகின் றனர். ஏனெனில், அலைகள் கடற்கரைகளில் மோதுவதனால் உராய்வு ஏற்பட்டு அலையின் ஆற்றல் குறைகிறது.

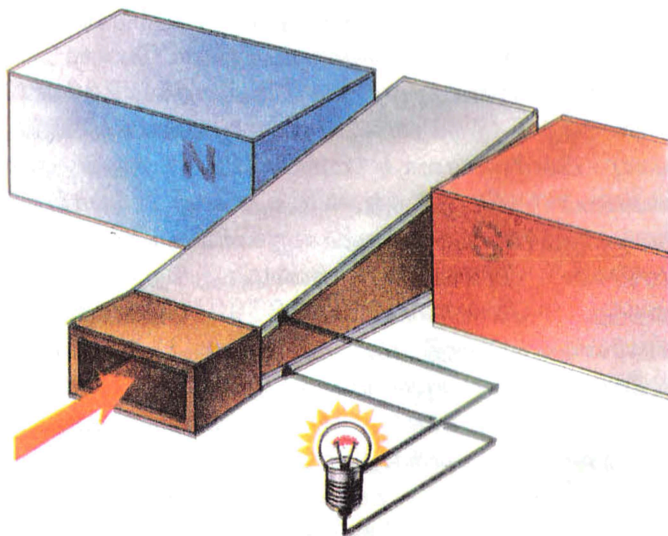
இப்பொழுது அலையாற்றலை எவ்வாறு பயன் படுத்துவது என்பதைப் பற்றிப் பார்ப்போம். அலையாற்றலைப் பெறுவதற்கான முறையில் அலையின் சிகரத்திற்கும் அடிப்பகுதிக்குமுள்ள நீர்மட்ட வித்தியாசம், இரண்டு அலைகளுக்கிடையேயான பள்ளம் ஆகியவை பயன்படுத்தப்படுகின்றன. அலையாற்றலைப் பெறுவதற்காகக் கடலின் மேற் பரப்பில் பெரிய மேடை (மேடையின் நீளம் அலையுடைய நீளத்தைவிட அதிகமாக இருக்க வேண்டும்) அமைக்கப்படுகிறது. மூடியில்லாத பெட்டியைத் தலைகீழாகத் திருப்பி வைத்தால் எப்படி இருக்குமோ அதுபோன்ற வடிவமுடைய

இம்மேடை கடல் அலைகளுடன் சேர்ந்து ஆடுவதில்லை. மேடை பல பிரிவுகளாலானது. காற்று நிறைந்துள்ள இப்பிரிவுகள், காற்று எஞ்சினுடைய சிலிண்டர்கள் போல வேலை செய்கின்றன. மேடைக்கு அடியே சென்று கொண்டிருக்கும் அலைகள் பிரிவுகளிலுள்ள காற்றை அமுக்குகின்றன. பிரிவுக்குள் அலையின் சிகரம் வருகிறது என வைத்துக் கொள்வோம். அப் பொழுது பிரிவிலுள்ள காற்றின் கனஅளவு குறைகிறது. மேலும் அவ்விடத்திலுள்ள காற்று அமுக்கப்படுவதன் விளைவாக அங்கு அழுத்தம் அதிகரிக்கிறது. ஆனால் பிரிவுக்குள் இரண்டு அலைகளுக்கிடையேயான பள்ளம் வரும் பொழுது காற்றின் அழுத்தம் குறைகிறது. இங்கு அலை பிஸ்டன்போல வேலைசெய்கிறது. பிரிவுகளில் அழுத்தம் மாறிக்கொண்டேயிருக்கிறது. அதாவது அதிகமாகிறது பின் குறைகிறது. அழுத்தம் அதிகமான பிரிவிலுள்ள காற்றை அழுத்தம் குறைந்த பிரிவிற்கு, மின்னாக்கியுடன் இணைக் கப்பட்ட காற்று டர்பைனின் வழியாக அனுப் பவதன் மூலம் அலையாற்றலிலிருந்து மின்னாற்றலை உற்பத்தி செய்யமுடியும். இச்சாதனம் காற் றில்லாத பொழுது வேலை செய்யாது. இந்த முறையில் வேலைசெய்யும் சாதனத்தை ஜப்பானில் மிதந்து கொண்டிருக்கும் விளக்குகளுக்குத் தேவை யான மின்சாரத்தை உற்பத்தி செய்யப் பயன் படுத்துகின்றனர்.

நீர்டர்பைன்களின் உதவி கொண்டு அலையாற்

றலை மின்னாற்றலாக மாற்றும் சாதனங்களும் உள்ளன. ஆனால் இவையெல்லாம் வளர்ச்சியின் முதல் படிகள் தான்.

ஆற்றலை நேரடியாக மாற்றுவதற்கான முறைகள். ஆற்றலை நேரடியாக மாற்றுவதற்கான முறையைப் பயன்படுத்தி வெப்ப ஆற்றலிலிருந்து மின்னாற்றலைப் பெறும் பொழுது, வெப்ப ஆற்றல் இயந்திர ஆற்றலாக மாற்றப்படும் இடைநிலை தவிர்க்கப் படுவதனால் வெப்ப ஆற்றல் மின்னாற்றலாக மாற்றப்படும் செயல்முறை எளிதாக்கப்படுகிறது. ஆற்றலை நேரடியாக மாற்றுவதற்கான முறை



MHD-மின்னாக்கியில் ஆற்றலை மாற்றுதல்

களைப் பயன்படுத்தி வெப்ப ஆற்றலிலிருந்து மட்டுமல்லாமல் வேதியியலாற்றல் (எரிபொருள்), மின்காந்த கதிரியக்க ஆற்றல் (ஒளிமின் மாற்றி கள்) போன்றவற்றிலிருந்துகூட மின்னாற்றலைப் பெறலாம்.

இப்பொழுது நாம் நிலைகாந்தப்புல நீரியக்க முறையைப் (Magnetohydrodynamic method — MHD — முறை) பற்றிப் பார்ப்போம். ஓரளவு மேம்படுத்தப்பட்ட இம்முறையைப் பயன் படுத்தி அதிக அளவு மின்னாற்றலைப் பெறலாம் MHD — முறையில் பின்வருமாறு வெப்ப ஆற்றல் மின்னாற்றலாக மாற்றப்படுகிறது. அங்கக எரி பொருளை எரிக்கும் பொழுது (உதாரணமாக, இயற்கை வாயு) எரிதலின் விளைப்பொருட்கள் உண்டாகின்றன. அவற்றின் வெப்பநிலை 2500°C க்குக் கீழ் இருக்கக்கூடாது. இவ்வெப்பநிலையில், வாயு பிளாஸ்மாவாக மாறி மின்கடத்தும் தன் மையைப் பெறுகிறது. அதாவது வாயுவில் அயனுக்கம் (வாயுவின் மூலக்கூறுகளிலிருந்து எலெக்ட் ரான்கள் பிரிகின்றன) நடைபெறுகிறது. இக்கு றைந்த வெப்பநிலையில் (2500°C) பிளாஸ் மாவின் ஒரு பகுதி மட்டுமே அயனுக்கப்படுவதால் அதில் மின்சுமையுடைய சுதந்திர எலெக்ட்ரான் கள், அயான்கள் (நேர் மின்சுமையுடைய இத்துகள்கள் மூலக்கூறிலிருந்து எலெக்ட்ரான்கள் வெளியேறியவுடன் உண்டாகின்றன) ஆகியவற் றைத் தவிர அயனுக்கத்திற்குட்படாத மூலக்கூறு களும் காணப்படுகின்றன.

வெப்பநிலை அதிகமாக அதிகமாக வாயு அயனுக்கப்படுவது அதிகமாகி அதன் மின் கடத்துதிறன் அதிகமாகிறது. எல்லா வாயுக்களும் ஏறக்குறைய 10 ஆயிரம் டிகிரி சென்டிகிரேட் வெப்பநிலையில் முழுமையாக அயனுக்கப்படுகின் றன. அப்பொழுது அவற்றில் சுதந்திர எலெக்ட் ரான்கள், அணுக்கருக்கள் ஆகியவை மட்டுமே காணப்படும்.

நாம் வெப்ப அணுக்கரு மாற்றங்களைப் பற்றிப் பார்த்த பொழுது உயர் வெப்பநிலை யிலான பிளாஸ்மாவைப் (சில மில்லியன் டிகிரி சென்டிகிரேட் வெப்பநிலையுடைய) பற்றிக் கூறி னேம். MHD- மின்னுக்கிகளில் பயன்படுத்தப்படும் பிளாஸ்மா ஒரு சில ஆயிரம் டிகிரி சென் டிகிரேட் வெப்பநிலையைக் கொண்டிருப்பதனுல் அது குறைந்த வெப்பநிலையுடைய பிளாஸ்மா என அழைக்கப்படுகிறது.

2500°C வெப்பநிலையுடைய பிளாஸ்மாவிற்கு போதுமான மின்கடத்துத்தன்மையை அளிப் பதற்காக அதனுடன் எளிதாக அயனுகும் பொருட்களைச் (சோடியம், கால்சியம் அல்லது கேசியம் (Cs)) சேர்க்க வேண்டியது இன் றியமையாததாகும். இப்பொருட்களின் ஆவிகள் குறைந்த வெப்பநிலையிலே அயனுக்கப்படுகின்றன.

சிறிதளவு எளிதாக அயனுகும் பொருட்கள் சேர்க்கப்பட்ட 2600°C வெப்பநிலையுடைய பிளாஸ்மா, MHD- மின்னுக்கியிலுள்ள துவாரத் தின் வழியாகச் செலுத்தப்படுகிறது (படத்தைப்

பார்க்க). அப்பொழுது அதன் வெப்ப ஆற்றல் குறைவதன் காரணமாக பிளாஸ்மா ஒலியைவிட அதிக வேகத்தைப் பெறுகிறது. மின்கடத்துத் தன்மையுடைய பிளாஸ்மா துவாரத்தின் வழி யாகப் பாயும் பொழுது அங்கு உருவாக்கப்பட் டுள்ள காந்தப் புலத்தின் விசைக் கோடுகளை வெட்டுகிறது. பிளாஸ்மா ஒழுக்கின் திசை காந்தப் புலத்தின் விசைக்கோடுகளுக்குச் செங் குத்தாகவும் பிளாஸ்மாவின் மின்கடத்து திறன், ஒழுக்கு வேகம், காந்தப் புலத்தின் செறிவு போன்றவை போதுமானதாகவும் இருந்தால், மின்னியக்கவியலின் விதிகளுக்கிணங்க, பிளாஸ் மாவின் இயக்க திசை, காந்தப் புலத்தின் விசைக் கோடுகள் ஆகியவற்றிற்குச் செங்குத் தான திசையில் அதாவது துவாரத்தின் ஒரு சுவரிலிருந்து இன்னொரு சுவருக்கு (பிளாஸ்மாவின் வழியாக) மின்னோட்டம் பாய்கிறது. இம் மின்னோட்டம் உண்டாக வேண்டுமென்றால், துவாரத்தின் சுவர்களில் மின்முனைகள் வைக் கப்பட்டு அவை வெளி மின்சுற்றுடன் இணைக்கப் பட வேண்டும்.

MHD- மின்னுக்கியின் வேலைமுறை சாதாரண மின்னுக்கியின் வேலைமுறையிலிருந்து எந்தவிதத் திலும் மாறுபடுவதில்லை. இவ்விரண்டு மின்னுக்கி களிலும் காந்தப் புலத்தின் விசைக் கோடுகளை மின்கடத்து பொருள் வெட்டுவதன் விளைவாகவே மின்னியக்கு விசை (Electromotive force) உண்டாகிறது. சாதாரண மின்னுக்கியில் சுழலியி

லுள்ள (Rotor) மின் கடத்து உலோகம் மின்கடத்து பொருளாகப் பணிபுரிகிறது. MHD-மின்னுக்கியில் மின்கடத்து தன்மையுடைய பிளாஸ்மாவை மின்கடத்து பொருளாகப் பயன்படுத்துகின்றனர்.

பிளாஸ்மாவின் வழியாகப் பாயும் மின்னோட்டமும் காந்தப் புல ஒழுக்கும் ஒன்றுடனென்று வினை புரிவதனல் உண்டாகும் விசை துவாரத்தின் வழியாகப் பாயும் பிளாஸ்மாவின் வேகத்தைக் குறைக்கிறது. இவ்வாறு பிளாஸ்மா ஒழுக்கின் இயக்க ஆற்றல் மின்னாற்றலாக மாற்றப்படுகிறது.

MHD-மின்னுக்கியின் மேம்பாடுகள் என்ன?

வெப்ப எஞ்சினுடைய பயனுறு திறனை அதிகரிக்க வேண்டுமென்றால் அதில் பயன் படுத்தப்படும் செயற்படு பொருளுடைய ஆரம்ப வெப்பநிலையை உயர்த்த வேண்டும் என்பது தெரிந்ததே. டர்பைனுடைய மிக முக்கிய பாகங்களின் (குறிப்பாக, வேலைத் தாள்கள்) மீது ஒரே சமயத்தில் உயர்வெப்பநிலையும் இயந்திர பாரமும் (Mechanical load) செயல்படுவதனல் வெப்பமின்நிலையத்திலுள்ள வெப்ப எஞ்சின்களில் — நீராவி டர்பைன்களில் நீராவியின் ஆரம்ப வெப்பநிலையை 540°C க்கு மேல் உயர்த்துவதில்லை. MHD-மின்னுக்கியில் இயங்குகின்ற பாகங்கள் இல்லாத காரணத்தினல் அம்மின்னுக்கியுடைய முக்கிய பாகங்களின் மேல் சிறிதளவுகூட இயந்திர பாரம் செயல்படுவதில்லை. இது MHD-மின்னுக்கியின் நிறையாகும்.

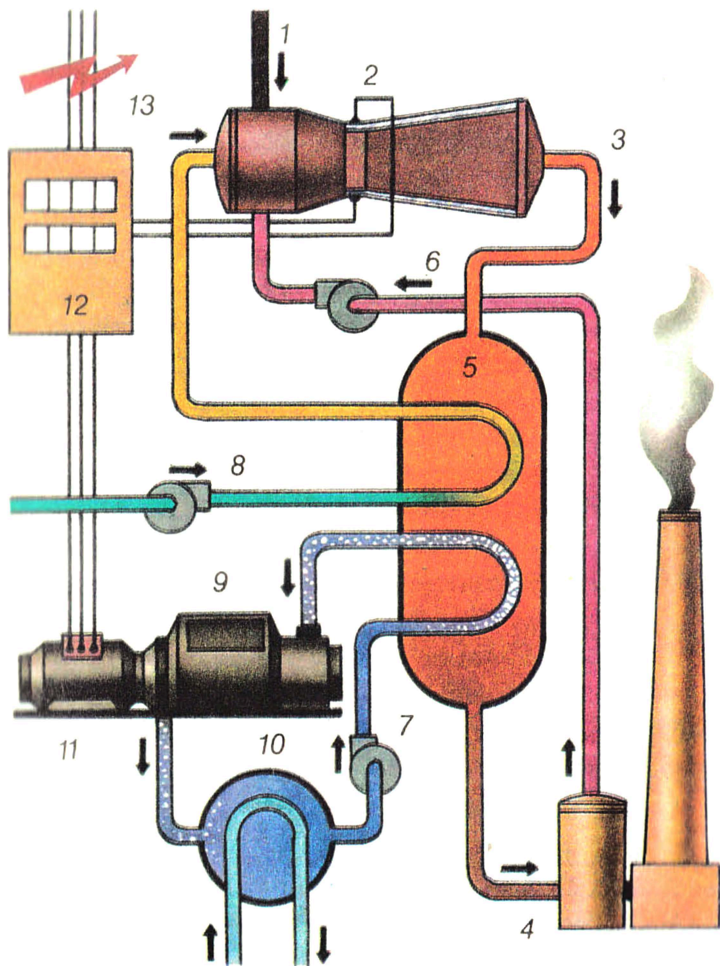
2600°C வெப்பநிலையைத் தாங்கக் கூடிய பொருள் உலகில் இல்லை என்பதை நீங்கள் மறுக்க முடியுமா? இது MHD-மின்னுக்கியை அமைப்பது பற்றிய நமது திட்ட நிறைவேற்றத்தை இயலாததாக்குமே!

உண்மையில், இந்தளவு வெப்பநிலையைத் தாங்கக்கூடிய பொருள் கிடையாது. எனவே மின்னுக்கியில் உயர் வெப்பநிலை ஏற்படும் பகுதிகளைக் குளிரச் செய்ய (சாதாரண தண்ணீர் கொண்டு) வேண்டிய நிர்பந்தம் ஏற்படுகிறது. MHD-மின்னுக்கியிலுள்ள இயங்காத பாகங்களைக் குளிரச் செய்வதைவிட அதிவேகத்தில் சுற்றுகின்ற டர்பைனுடைய பாகங்களைக் குளிரச் செய்வது எவ்வளவு சிரமமானது என்பதை நீங்களே நினைத்துப் பாருங்கள்.

MHD-மின்னுக்கியின் துவாரத்திலிருந்து வெளியேறும் உயர் வெப்பநிலையிலான பிளாஸ்மா (ஏறக்குறைய 2000°C வெப்பநிலையுடைய) போதுமான மின்கடத்தும்தன்மையைக் கொண்டிராத காரணத்தினுல் அதை மீண்டும் MHD-மின்னுக்

திறந்த MHD-மின்நிலையத்தின் விளக்கப்படம்

1 — எரிபொருள்; 2 — MHD-மின்னுக்கி; 3 — எரிதலின் வினைப்பொருட்கள்; 4 — சேர்க்கைப்பொருளை மீண்டும் அனுப்பும் சாதனம்; 5 — வெப்பமாற்றி — நீராவியாக்கி; 6 — சேர்க்கைப்பொருள்; 7 — பம்பு; 8 — குளிர்ந்த காற்று; 9 — நீராவி டர்பைன்; 10 — நீராவி குளிர்ப்பி; 11 — மின்னுக்கி; 12 — துணைமின்நிலையம்-மாறுமின்மாற்றி; 13 — சூடேற்றப்பட்ட காற்று


1
2
13
3
12
6
5
8
9
7
11
10
4

கியில் பயன்படுத்துவது இலாபகரமானதல்ல. ஆனால், பிளாஸ்மாவின் உயர்வெப்பநிலையை கண்டிப்பாகப் பயன்படுத்த வேண்டும். இதற்காக MHD-மின்னாக்கியை இரண்டு அடுக்குகளாலானதாக்குகின்றனர் (படத்தைப் பார்க்க).

இத்தகைய மின்னாக்கியின் வேலைமுறை பின் வருமாறு: எரிபொருள், எளிதில் அயனாகக்கூடிய பொருள், சூடேற்றப்பட்ட ஆக்ஸிஜன் ஏற்றி ஆகியவை எரிதல் அறைக்குள் அனுப்பப் படுகின்றன. ஏறக்குறைய 2600°C வெப் பநிலையிலான எரிதலின் விளைப்பொருட்கள் குழாய் முகப்பின் (Nozzle) வழியாக MHD-மின்னாக் கியின் துவாரத்திற்குள்* செலுத்தப்படுகின்றன. மின்சாரம் எடுக்கப்பட்ட பின், துவாரத் திலிருந்து வெளியேறும் வாயுவை (ஏறக்குறைய 2000°C வெப்பநிலையுடைய) நீராவியாக்கிக்குள் (Steam generator) அனுப்புகின்றனர். நீராவி யாக்கியில் இவ்வாயுவின் வெப்பத்தைப் பயன் படுத்தி தண்ணீரைச் சூடாக்கி மீச்சூடான நீராவி உண்டாக்கப்படுகிறது. எரிதல் அறைக்குத் தேவையான ஆக்ஸிஜன் ஏற்றியை நீராவியாக் கியிலோ தனியான வாயுசூடாக்கியிலோ சூடாக்க லாம். நீராவியாக்கியில் எளிதாக அயனாகும்

---

* துவாரம் படத்தில் பொதுவாகக் காட்டப்பட்டுள்ளது. அதிலுள்ள காந்த அமைப்பு, அங்கிருந்து மின்னோட்டத்தை எடுப்பதற்கான அமைப்பு, துவாரத்தின் சுவர்களைக் குளிரச் செய்வதற்கான அமைப்பு போன்றவை காட்டப்படவில்லை.

பொருட்கள் பிரித்தெடுக்கப்படுகின்றன (பிறகு மீண்டும் பயன்படுத்தப்படுகிறது). படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ள நீராவிவிசை சாதனமுள்ள பகுதி, வெப்பமின்நிலையம் மற்றும் அணுமின்நிலையத்தின் விளக்கப் படங்களிலுள்ள நீராவி விசை சாதனமுள்ள பகுதியினின்று எந்த விதத்திலும் வேறுபடுவதில்லை.

MHD-மின்ஞக்கியின் பயனுறு திறன் அதிகமானது. அதாவது 50 — 60 % * (சிறந்த முறையில் அமைக்கப்பட்ட வெப்பமின்நிலையத்தின் பயனுறு திறன் 40 %) ஆகும். தற்பொழுதுள்ள MHD-சாதனத்தின் சோதனை மாதிரிகள் வாயு எரிபொருளில் வேலை செய்கின்றன. இவற்றில் வாயு எரிபொருளுக்கு பதிலாக நிலக்கரியைப் பயன்படுத்துவது பற்றிய ஆராய்ச்சிகள் செய்யப் பட்டுவருகின்றன். MHD-மின்நிலையங்களின் இன்னொரு முக்கியமான மேம்பாடு என்னவெனில் அவற்றின் அடுக்குகளை தேவையற்ற பொழுது நிறுத்த முடியும்.

MHD-மின்ஞக்கியின் செயற்படு பொருளான பிளாஸ்மாவானது துவாரம், நீராவியாக்கி ஆகியவற்றைக் கடந்தபின் வளிமண்டலத்தில் கலக்கப்படுகிறது. ஆகவேதான் படத்தில் காட்

---

* MHD — மின்நிலையத்தின் பயனுறு' திறன் அதிகமானது. ஏனெனில் இம்மின்நிலையத்தில் பல தொழில்நுட்ப முன்னேற்றங்கள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. மேலும் ஆக்ஸிஜன் காற்று ஏறக்குறைய 1500 — 2000°C வரை சூடாக்கப்படுகிறது.

டப்பட்டுள்ள MHD- மின்நிலையத்தின் விளக்கப் படம் 'திறந்த விளக்கப்படம்' என அழைக்கப் படுகிறது.

திறன் வாய்ந்த MHD- மின்னாக்கிகளை அமைக்கும் பொழுது அதிசிக்கலான பிரச்சினைகள் எழுகின்றன. துவாரத்தின் சுவர்கள், மின்முனைகள் போன்றவற்றைச் செய்வதற்குத் தேவையான உயர்வெப்பநிலையைத் தாங்கக்கூடிய பொருட்களை உருவாக்குவது பற்றிய பிரச்சினை அவற்றுள் மிக முக்கியமானதாகும். சுவர்கள் மற்றும் மின்முனைகளின் வெப்பநிலையை சாதாரண தண்ணீரைக் கொண்டு குளிரச் செய்வதன்மூலம் குறைக்கலாம். இது அவற்றின் வேலைக்காலத்தை அதிகரிப்பது பற்றிய நோக்குநிலையில் சரியானதே. இருந்தாலும், இதனால் MHD- மின்னாக்கியின் பயனுறுதிறன் வெகுவாகக் குறைகிறது. மேலும், சுவர்கள் மற்றும் மின்முனைகளுக்கு அருகிலுள்ள பிளாஸ்மா படலங்களின் வெப்பநிலை குறைவதன் காரணமாக அதன் மின்கடத்துதிறன் குறைந்து மின்னாக்கியின் பணி பாதிக்கப்படுகிறது.

ஆகவே, இவ்வுயர் வெப்பநிலைகளில் நீண்ட காலம் நம்பகரமாக வேலை செய்யக்கூடிய பொருட்களை உருவாக்க வேண்டியது மிகவும் முக்கியமானதாகும். மின்முனைகளைத் தயாரிப்பதற்கு சிர்கோனியம்டையாக்ஸைடையும் சுவர்களைத் தயாரிப்பதற்கு உலோக ஆக்ஸைடுகளையும் (உதாரணமாக, மக்னீசியம் ஆக்ஸைடு) பயன்படுத்தலாம்.

காந்த அமைப்பை உருவாக்குவது அவ்வளவு

எளிதல்ல. உதாரணமாக, 20 மீ நீளமுள்ள துவாரத்தில் 5 — 6 தெஸ்லா (50 — 60 ஆயிரம் காவுஸ்) தூண்டு திறனுடைய காந்தப் புலத்தை அமைப்பது மிகவும் கடினமாகும். திரவ ஹீலியத்தால் குளிர்விக்கப்படும் மீக்கடத்துதன் மையுடைய காந்த அமைப்பிற்கு நல்ல எதிர்கால முண்டு என கருதப்படுகிறது.

தீர்வு காணப்பட வேண்டிய வேறுசில சிக்கலான பிரச்சினைகளும் உள்ளன. உதாரணமாக, நேர் மின்னேட்டத்தை மாறு மின்னேட்டமாக்குவதற்கான (MHD-மின்னாக்கியில் நேர் மின்னேட்டம் கிடைக்கிறது) மாறு மின்மாற்றி, எளிதில் அயனுகும் பொருட்களை வெளியேற்றுவதற்கான அமைப்பு, நீராவியாக்கி போன்றவற்றை உருவாக்க வேண்டும்.

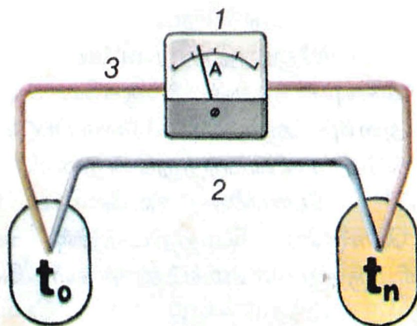
இவ்வளவு பிரச்சினைகள் இருந்தாலும், சோவியத்து யூனியனில். MHD-முறையைப் பயன்படுத்தி ஆற்றலை மாற்றுவது நன்கு வளர்ந்துள்ளது. தற்பொழுது, இங்கு 500 Mw திறனுடைய MHD-சாதனத்தை அமைத்துவருகின்றனர். வருங் காலத்தில் திறன் வாய்ந்த MHD-சாதனங்கள் அணுமின் நிலையங்களில் பயன்படுத்தப்படும் என கருதப்படுகிறது. அப்பொழுது அச் சாதனங்களில் எரிதல் அறைக்கு பதிலாக அணுஉலை பொருத்தப்படும். மேலும் MHD-மின்னாக்கியின் செயற்படுபொருளாக முதலில் பயன்படுத்தப்பட்ட எரிதலின் வினைப்பொருட்களுக்கு பதிலாக எளிதாக அயனுகும் வாயு, உதாரணமாக ஹீலியம்

பயன்படுத்தப்படும். செயற்படு பொருளான ஹீலியம் வேலை முடிந்தவுடன் மின்நிலையத்தை விட்டு வெளியேற்றப்படாமல் அதாவது வாயு மண்டலத்தில் கலக்கப்படாமல் மின்நிலையத்தின் மூடிய சுற்றில் (Closed circuit) சுற்றி வருகிறது (மூடிய சுற்றுடைய MHD-மின்நிலையத்தின் விளக்கப்படம் மூடிய விளக்கப்படம் என அழைக்கப்படுகிறது). இது நமக்கு ஹீலியத்துடன் விலையுயர்ந்த, ஆனால் பிளாஸ்மாவின் மின் கடத்து தன்மையை வெகுவாக உயர்த்தக்கூடிய கேசியத்தை (Cs) எளிதாக அயனாகும் சேர்க்கைப் பொருளாகப் பயன்படுத்த வாய்ப்பளிக்கிறது. ஹீலியத்துடன் சேர்க்கைப் பொருளான கேசியம் சேர்க்கப்பட்டால் ஹீலிய — கேசிய பிளாஸ்மாவை 1500°C வரை (திறந்த MHD-மின்நிலையங்களில் இது 2600°C ஆகும்) சூடாக்கினாலே போதும். அதாவது அணு உலையில் ஹீலியத்தை 1500°C வெப்பநிலைக்கு சூடேற்ற வேண்டும். ஆனால் இதுவரையிலும் இத்தகைய உயர்வெப்பநிலை அணு உலைகள் உருவாக்கப் படவில்லை வருங்காலத்தில் இவை அமைக்கப்படும் என எதிர்பார்க்கப்படுகிறது.

ஆற்றலை நேரடியாக மாற்றுவதற்கான வேறு சில முறைகளுள், ஒளிமின் மாற்றிகள் (இவற்றைப் பற்றி நாம் 'சூரிய ஆற்றல்' என்ற அத்தியாயத்தில் கூறியுள்ளோம்), வெப்ப மின்னாக்கிகள் (Thermoelectric generators), வெப்ப எலெக்ட்ரான்உமிழ்வாற்றல் மாற்றிகள் (Thermo-

nic energy converters), எரிபொருள் மின்கலங்கள் (Fuel cells) ஆகியவற்றைப் பயன்படுத்தி மின்னாற்றலைப் பெறுவதற்கான முறைகள் நமது கவனத்தை ஈர்ப்பதாக உள்ளன. ஆனால் இம்முறைகளையும் இச்சாதனங்களையும் ஆற்றலியலில் பயன்படுத்துவது சிறந்ததா என்பது இன்னும் தெளிவாகத் தெரியவில்லை. ஆகவே அவற்றைப் பற்றி மிகச் சுருக்கமாகப் பார்ப்போம்.

வெப்பமின்னாக்கியின் வேலை முறை, இயற்பியலில் நன்கு தெரிந்த ஸீபெக் விளைவின் (மின் சுற்றிலுள்ள வெவ்வேறு உலோகங்களாலான இரண்டு புள்ளிகள் வெவ்வேறு வெப்பநிலையைக் கொண்டிருந்தால் அம்மின்சுற்றில் மின்னியக்கு விசை உண்டாகிறது) அடிப்படையிலானது. படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ள வெப்ப மின்கலத்தின் மின்சுற்றில், வெப்பநிலையை அளப்பதற்காக இரண்டு



வெப்பமின்கலம்

1 — கால்வனோமீட்டர்; 2 — கான்ஸ்டான்டான்; 3 செப்பு

கடத்திகளை — செம்பு, கான்ஸ்டான்டான் (செம்பு நிக்கல் கலவை) பயன்படுத்துகின்றனர். மின்சுற்றிலுள்ள வெவ்வேறு உலோகங்களாலான இரண்டு புள்ளிகளில் ஒன்றின் வெப்பநிலை (t_0) மாறிலியாக உள்ளது. மற்றதன் வெப்பநிலையை (t_1) நாம் அளக்க வேண்டும். கால்வனோமீட்டர் காட்டும் மின்னியக்கு விசையைக் கொண்டு t_1 ஐத் துல்லியமாக அளக்கலாம்.

இதுபோன்ற பல வெப்பமின்கலங்களை தொடர்ச்சியாக இணைத்து வெப்பமின்னுக்கியை உருவாக்கலாம். இம்மின்னுக்கியின் மின்னியக்கு விசை வெப்பமின்கலங்களின் எண்ணிக்கைக்கு நேர் விகிதத்திலுள்ளது.

MHD- மின்னுக்கியைப் போலவே வெப்பமின் கலமும் வெப்பஆற்றலை மின்னாற்றலாக மாற்றுகிறது. ஆகவே வெப்ப மின்கலத்தின் பயனுறுதிறன் வெப்ப இயக்கவியலின் இரண்டாவது விதிக்குக் கட்டுப்பட்டு நடக்கிறது.

குறைந்த பயனுறுதிறனுடைய வெப்பமின் கலங்கள் விலையுயர்ந்தவை. ஆகவே அவற்றைக் குறைந்த அளவு ஆற்றல் தேவைப்படும் இடங்களில் மட்டுமே பயன்படுத்துகின்றனர். ஏதாவது ஒரு திடப்* பொருளை (உலோகம், அரைக் கடத்திப் பொருள்) வெற்றிடத்தில் வைத்தால் அப்பொருளிலிருந்து எலெக்ட்ரான்கள் வெளியேறி

---

* இது திரவங்களுக்கும் பொருந்தும்.

வெற்றிடத்திற்குச் செல்கின்றன. இந்த இயற்பாடே 'வெப்ப எலெக்ட்ரான் உமிழ்வு' என அழைக்கப்படுகிறது. எலெக்ட்ரான்களை உமிழும் திடப்பொருளை உமிழ்வான் (Emitter) என அழைக்கின்றனர். உமிழ் வானின் வெப்பநிலை எவ்வளவு அதிகமாக உள்ளதோ அவ்வளவு அதிகமாக அது எலெக்ட்ரான்களை வெளியிடும். எலெக்ட்ரான் வெளியீடு நடைபெறும் பொழுது உமிழ்வான் குளிர்ச்சியடைகிறது. எலெக்ட்ரான் உமிழ்வு தொடங்கிய (பொருளை வெற்றிடத்தில் வைத்த பின்) சிறிது நேரத்திற்குப் பின் அங்கு சமநிலை உருவாகிறது. அதாவது திடப் பொருளி லிருந்து ஒரு நேர அலகில் எவ்வளவு எலெக்ட்ரான்கள் வெளியேறுகின்றனவோ அவ்வளவும் 'எலெக்ட்ரான்கள் குளிர்ச்சியடைதல்' என அழைக்கப்படும் இயற்பாட்டின் விளைவாக பொருளுக்குத் திரும்பி வருகின்றன. சமநிலை ஏற்பட்டவுடன் திடப்பொருள் குளிர்ச்சியடைவது நின்று விடுகிறது.

இதையே நாம் வேறுவிதமாகச் செய்யலாம்: வெற்றிடத்தில் இரண்டு மின்முனைகள் வைக்கப்படுகின்றன. அவற்றுள் ஒன்றில் (மின்முனை-உமிழ்வான்) உயர் வெப்பநிலை உருவாக்கப்பட்டு அவ்வெப்பநிலை நீடிக்கப்படுகிறது. மற்றதிலிருந்து (மின்முனை-தொகுப்பான் (Collector)) வெப்பம் அகற்றப்பட்டு அதன் வெப்பநிலை வெகுவாகக் குறைக்கப்படுகிறது. இப்பொழுது உமிழ்வானையும் தொகுப்பானையும் வெளி மின்சுற்றுடன் இணைத்தால் மின்னோட்டம் உருவாகிறது. இத்தத்துவத்தைக்

அடிப்படையாகக் கொண்ட மின் தோற்றுவாயை நாம் வெப்ப எலெக்ட்ரான் உமிழ்வாற்றல் மாற்றி என அழைக்கிறோம். வெப்ப எலெக்ட்ரான் உமிழ்வாற்றல் மாற்றியில் (வெப்ப மின்னுக்கியைப் போலவே) வெப்ப ஆற்றல் மின்னாற்றலாக்கப்படும் பொழுது வெப்ப ஆற்றல் இயந்திர ஆற்றலாக மாறும் இடைநிலை தவிர்க்கப்படுகிறது. எனவே இம்மாற்றமும் வெப்பஇயக்கவியலின் இரண்டாவது விதிக்குக்கட்டுப்பட்டு நடக்கிறது.

வெப்ப எலெ‹;ட்ரான் உமிழ்வாற்றல் மாற்றிகளின் தொழில்நுட்ப-பொருளாதாரக் குறியெண்கள் (அடக்கவிலை, பயனுறுதிறன்) மட்டும் சாதகமானவையாக இருந்து அவற்றிலிருந்து அதிக மின்னாற்றலைப் பெற முடிந்தால், ஆற்றலியலுக்கு நேரடியாக ஆற்றலை மாற்றக்கூடிய அருமையான ஒரு மின்னுக்கி கிடைத்திருக்கும்.

ஆனல் தற்பொழுது வெப்ப எலெக்ட்ரான் உமிழ்வாற்றல் மாற்றிகளின் தொழில்நுட்ப-பொருளாதாரக் குறியெண்கள் ஆற்றலியலைத் திருப்திப்படுத்துவதாக இல்லை. ஆகவே அவற்றையும் (வெப்ப மின்னுக்கியைப் போலவே) குறைந்த திறன் தேவைப்படும் இடங்களில் மட்டுமே பயன்படுத்துகின்றனர். ஆயினும், வெப்ப எலெக்ட்ரான் உமிழ்வாற்றல் மாற்றிகளின் குறியெண்களை மேம்படுத்துவதற்கான பணிகள் அதிவிரைவாக மேற்கொள்ளப்படுகின்றன.

எரிபொருள் மின்கலத்தில் (Fuel cell)

வேதியியல் ஆற்றல் நேரடியாக மின்னாற்றலாக மாற்றப்படுகிறது. இம்மின்கலத்தின் வேலைத்தத் துவம் என்ன? அதன் அமைப்பு எவ்வாறு உள்ளது?

ஹைடிரஜனை ஆக்ஸிஜனில் எரிக்கும் பொழுது தண்ணீர் மற்றும் வெப்பம் உருவாகின்றன. இவ்வெப்பத்தை வெப்பவிசை எஞ்சின்களில் பயன்படுத்தலாம். எரிபொருள் மின்கலத்தில் ஹைடிரஜன் எரிதல் என்ற வேதியியல் மாற்றம் இரண்டு செயல்முறைகளாகப் பிரிக்கப்பட்டு ஒன்றில் ஹைடிரஜனும் மற்றதில் ஆக்ஸிஜனும் பங்கேற்கின்றன.

படத்தில் எரிபொருள் மின்கலத்தின் விளக் கப்படம் காட்டப்பட்டுள்ளது. இம்மின்கலம் இரண்டு மின்முனைகள் (ஒரு மின்முனைக்கு ஹைடிரஜனும் மற்றதற்கு ஆக்ஸிஜனும் அனுப் பப்படுகிறது), மின்பகுபொருள் ஆகியவற்றாலானது. மின்சேமக்கலங்களுக்கும் எரிபொருள் மின்கலனுக் குமுள்ள முக்கியமான வித்தியாசம் என்னவெனில் மின்சேமக்கலங்களைப் போலன்றி எரிபொருள் மின்கலங்களில் எரிபொருள் மற்றும் ஆக்ஸிஜன் ஏற்றி (நம்முடைய நிகழ்ச்சியில் ஹைடிரஜன் மற்றும் ஆக்ஸிஜன்) இடையறாது நிரப்பப்படுகின் றன.

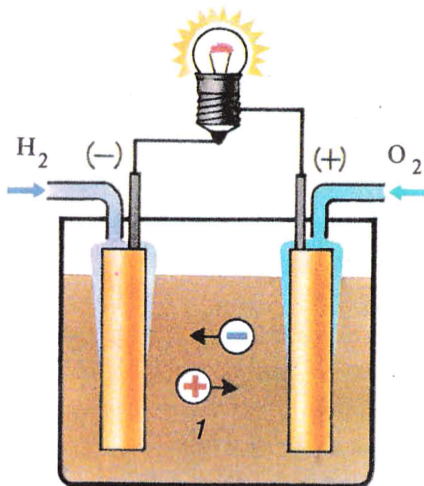
உலோகத்தாலான மின்முனையில் ஹைடிரஜன் பட்டு, அதன் இரண்டு அணுக்களாலான மூலக்கூறு பிரிந்து இரண்டு தனித்தனியான அணுக்கள் உண்டாகின்றன. மேலும், இவ்வணுக்

கள் சுதந்திர எலெக்ட்ரான்கள் மற்றும் அணுக் கருக்களாகப் (அயான்கள்) பிரிந்து, எலெக்ட்ரான் கள் உலோகத்தாலான மின்முனைக்கும் அணுக்கருக் கள் மின்பகுபொருளுக்கும் செல்கின்றன. இதன் விளைவாக, மின்முனை எதிர்மின்சுமையுடைய எலெக்ட்ரான்களாலும் மின்பகுபொருள் நேர் மின்சுமையுடைய அயான்களாலும் செறிவூட் டப்படுகின்றன.

இதேபோன்ற செயல்முறையே ஆக்ஸிஜன் அனுப்பப்படுகிற இரண்டாவது மின்முனையிலும் நடைபெறுகிறது. அம்மின்முனையின் மேற்பரப்பில் நடைபெறும் செயல்முறைகளின் விளைவாக அதன் மீது நேர்மின்சுமைகள் தோன்றுகின்றன. இதுமட் டுமன்றி அதிலிருந்து எதிர் மின்சுமையுடைய அயான்கள் (OH) மின்பகு பொருளுக்குச் செல்கின்றன. இந்த OH அயான்கள் மின்பகு பொருளிலுள்ள ஹைடிரஜனுடன் சேர்ந்து தண் ணீராக மாறுகின்றன. இப்பொழுது நாம் இவ்விரண்டு மின்முனைகளையும் வெளி மின்சுற்றுடன் இணைக்கும் பொழுது மின்னோட்டம் உருவாகிறது (படத்தைப் பார்க்க). இவ்வாறு வேதியியலாற்றல் மின்னாற்றலாக மாற்றப்படுகிறது. எரிபொருள் மின்கலனில் வேதியியலாற்றல் வெப்ப ஆற்றலாக மாற்றப்படும் இடைநிலை இல்லாத காரணத்தினால் அதன் பயனுறு திறன் அதிகமானது. குறைந்த வெப்பநிலையில் வேலைசெய்யும் ஹைடிரஜன்-ஆக்ஸிஜன் எரிபொருள் மின்கலத்தின் பயனுறு திறன் 65 – 70 % ஆகும்.

எரிபொருள் மின்கலத்தை உருவாக்குவது எளிது என நினைக்க வேண்டாம். இம் மின்கலத்தை அமைப்பது பற்றிய கருத்துக்கள் 19 ஆம் நூற்றாண்டின் மத்தியில் தோன்றியிருந்தாலும் அதைப் பரவலாகப் பயன்படுத்துவதற்கு ஏற்ற கட்டமைப்பு இந்நாள்வரை உருவாக்கப்படவில்லை.

எரிபொருள் மின்கலத்தை அமைப்பதற்கு முன், உயர்தரமான மின்முனைகளைச் செய்வதற்கு ஏற்ற பொருளைத் தேர்ந்தெடுத்தல், மின்கலத்தில் நடைபெறும் எல்லாச் செயல்முறைகளையும் அதிவேகத்தில் செய்தல், சிறந்த மின்பகு பொருளை (எரிபொருள் மின்கல வகைக்கு ஏற்ப திரவ



எரிபொருள் மின்கலத்தின் விளக்கப்படம்

1 – மின்பகுபொருள்

அல்லது திட) உருவாக்குதல், மலிவான எரிபொருளைப் பயன்படுத்துவதற்குத் தகுந்தபடி மின் கலத்தை மாற்றியமைத்தல் போன்ற சிக்கலான பிரச்சினைகளுக்குத் தீர்வு காணவேண்டும்.

எரிபொருள் மின்கலங்களைப் பயன்படுத்தத் தொடங்கியது நம் காலத்தில்தான். அவற்றை அதிக திறன் தேவையில்லாத பொழுது சுய மின் தோற்றுவாய்களாகப் பயன்படுத்துகின்றனர். பிரசித்திபெற்ற மின்வேதியியல் நிபுணரான சோவியத் பேரவை விஞ்ஞானி அ. நி. புரூம் கினின் கருத்துப்படி, விண்வெளிச் சாதனங்கள் மற்றும் மின்கார்கள்தான் முதலில் இம்மின் கலங்களை அதிகமாகப் பயன்படுத்தப்போகின்றன. எரிபொருள் மின்கலங்களை (ஹைடிரஜன்-ஆக்ஸிஜன்) ஏற்கனவே விண்வெளிச் சாதனங்களில் பயன்படுத்துகின்றனர். தற்பொழுது இம்மின் கலங்கள் பொருத்தப்பட்டுள்ள மின்கார்களின் சோதனை மாதிரிகள் உருவாக்கப்பட்டுள்ளன. எரிபொருள் மின்கலங்களின் சுயதிறன் மின் சேமக்கலங்களின் சுயதிறனைவிட பல தடவைகள் அதிகமாக இருந்தாலும் பெட்ரோல் எஞ்சின் களுடைய சுயதிறனைவிட 3 தடவைகள் குறைவானது என்பதை இங்கு நாம் குறிப்பிடுவோம்.

வருங்காலத்தில் எரிபொருள் மின்கலங்கள் பரவலாகப் பயன்படுத்தப்படும் என நம்பப்படுகிறது. ஆனால் இதுகுறித்து தற்பொழுது எந்த முன்னறிவிப்புகளையும் செய்ய முடியாது. ஏனெனில் எரிபொருள் மின்கலங்களைப் பயன்



படுத்த வேண்டுமென்றால் குறைந்தபட்சம், எரிபொருளாகப் பயன்படுத்தப்படும் ஹைடிரஜனுக்கு பதிலாக மலிவான எரிபொருளையும் (வாயு எரிபொருள் உதாரணமாக, இயற்கை வாயு அல்லது நிலக்கரியை எரிக்கும் பொழுது உண்டாகும் வாயு) ஆக்ஸிஜன் ஏற்றியாகப் பயன்படுத்தப்படும் ஆக்ஸிஜனுக்கு பதிலாக காற்றையும் பயன்படுத்துவதிலுள்ள சிக்கல்களுக்காவது தீர்வு காண வேண்டும். இது நிறைவேற்றப்பட்டால் எரிபொருள் மின்கலங்கள் உயர் வெப்பநிலையில் வேலைசெய்யக்கூடியவையாக இருக்கும்.

செயற்கை திரவ எரிபொருள். ஹைடிரஜன். பெட்ரோலிய சேமிப்புகளின் அளவிற்கும் ஓர் எல்லையுண்டு. மேலும் ஒரு சில சாதனங்கள் பெட்ரோலியத்தைக் காய்ச்சி வடிக்கும் பொழுது கிடைக்கும் திரவ எரிபொருட்களை மட்டுமே உபயோகிக்கின்றன. ஆகவேதான் அதிக அளவிலுள்ள நிலக்கரியிலிருந்து திரவ எரிபொருளை (மண்ணெண்ணெய், பெட்ரோல்) எவ்வாறு பெறுவது என்ற கேள்விக்கு அவ்வளவு முக்கியத்துவம் அளிக்கப்படுகிறது. கடந்த பத்தாண்டு காலமாக இதுசம்பந்தப்பட்ட ஆராய்ச்சிகள் செய்யப்படுகின்றன.

தற்பொழுது, பல்வேறு நாடுகளில், குறைந்த செலவில் நிலக்கரியிலிருந்து திரவ எரிபொருளைப் (இதை செயற்கை திரவ எரிபொருள் என்பர்)

பெறுவதற்கான தொழில்நுட்பச் செய்முறைகளை உருவாக்குவது சம்பந்தப்பட்ட ஆராய்ச்சிகள் மேற்கொள்ளப்படுகின்றன. ஆனால், இப்பிரச்சினை இதுவரையிலும் தீர்க்கப்படவில்லை.

நிலக்கரியிலிருந்து திரவ எரிபொருளைப் பெறுவதற்கான நான்கு முறைகள் பின்வருமாறு: தொகுத்தல் முறை — இம்முறையில் நீராவி, காற்று அல்லது ஆக்ஸிஜன் ஆகியவற்றின் உதவிகொண்டு நிலக்கரி அதிக அழுத்தத்திற்குட்படுத்தப்படுகிறது. அப்பொழுது வாயுக்களடங்கிய நிலக்கரிக் கலவை உண்டாகிறது; பிரித்தெடுத்தல் முறை — இம்முறையில் வெப்பத்தின் உதவிகொண்டு நிலக்கரி கரைக்கப்படுகிறது; ஹைடிரஜன் ஏற்றுதல் முறை (Hydrogenation) — இதன் பொழுது நிலக்கரி ஹைடிரஜன் ஏற்றப்படுகிறது* அதாவது உயர் வெப்பநிலை, அதிக அழுத்தம் உண்டாக்கப்பட்டு அச்சூழ்நிலையில் நிலக்கரியை ஹைடிரஜனுள்ள பொருட்களுடன் சேர்த்தல்; பைரோலிஸ் முறை — நிலக்கரியை ஆக்ஸிஜன் இல்லாமல் சூடேற்றல். இப்பொழுது நாம் கூறிய முறைகள் அனைத்தும் மேம்படுத்தப்பட வேண்டியவையாதலால் எந்த முறை சிறந்தது என்பதை மேம்படுத்திய பின்னரே நிர்ணயிக்க முடியும்.

---

* நிலக்கரியிலுள்ள ஹைடிரஜனின் அளவு வாகனங்களில் பயன்படுத்தப்படும் திரவ ஹைட்ரோகார்பன்களிலுள்ள ஹைடிரஜனின் அளவைவிட 3 மடங்குகள் குறைவானது என்பதை இங்கு குறிப்பிடுவோம்.

ஒரு சில தொழில்நுட்ப செயல்முறைகளில் நிலக்கரியை திடரூபத்தில் பயன்படுத்தாமல் வாயுரூபத்தில் பயன்படுத்துவது சிறந்ததா கையால் நிலக்கரியிலிருந்து வாயு எரிபொருளை எவ்வாறு பெறுவது என்ற கேள்வி நமது கவனத்தை ஈர்ப்பதாக உள்ளது. நிலக்கரி யிலிருந்து வாயு எரிபொருளைப் பெறமுடிந்தால் நிலக்கரிப் பிரதேசங்களுக்கு இயற்கை வாயுவைக் கொண்டுவருவதற்காகும் செலவை வெகுவாகக் குறைக்க முடியும். இவ்வாயு எரிபொருளை நிலக்கரிப் பிரதேசங்களுக்கு அருகாமையில் உண்டாக்குவது இலாபகரமானது என்பதைக் கூறவே தேவையில்லை. பொதுவாக, நிலக்கரி, இயற்கை வாயு போன்றவற்றின் அமைவிடங்கள் அருகருகே இருப்பதில்லை. ஆகவே, நிலக்கரி யிலிருந்து வாயு எரிபொருளை உண்டாக்கினுல் நிலக்கரி அமைவிடங்களுக்கு இயற்கை வாயுவை அனுப்ப வேண்டிய அவசியம் ஏற்படாது.

கடைசியாக நாம், ஹைடிரஜனை எரிபொ ருளாகப் பயன்படுத்துவது பற்றிப் பார்ப்போம். விமானங்கள் மற்றும் வேறுசில சாதனங்களில் அதிக காலரியுடைய ஹைடிரஜன் வாயுவைப் பயன்படுத்துகின்றனர். ஹைடிரஜனுடைய மேம் பாடு என்னவெனில், அது எரியும் பொழுது நீராவி மட்டுமே உண்டாவதனுல் வளிமண் டலம் பாதிக்கப்படுவதில்லை. பூமியில் ஹைடிரஜன் மிக அதிகமாக உள்ளது. ஆகவே ஹைடிரஜன் சேமிப்பு முடிவற்றது எனக்கூறலாம்.

தற்பொழுது, பற்றுக்குறையுள்ள திரவ எரி பொருளுக்குப் பதிலாகத் தண்ணீரை மின்பகுப்பு செய்வதன் மூலம் கிடைக்கும் ஹைடிரஜனைப் பயன்படுத்துவது குறித்து ஆலோசிக்கப்படுகிறது. முதல் கண்ணோட்டத்தில் இம்முறைக்கு எதிர் காலமில்லாதது போலத் தோன்றுகிறது. ஏனெனில் இம்முறையின் பயனுறுதிறன். மிகக் குறைவானதாகும். தண்ணீரிலிருந்து ஹைடிர ஜனைப் பெற்று அதைப் பயன்படுத்தும் முறையின் பயனுறுதிறன் பின்வருமாறு கணக்கிடப்படுகிறது. தண்ணீரை மின்பகுப்பு செய்வதற்குத் தேவையான மின்சாரத்தை உருவாக்கும் சாதனத்தின் பயனுறு திறன் 35 %, தண்ணீரிலிருந்து ஹைடிரஜனைப் பெறுவதற்கான மின்பகுப்பு முறையின் பயனுறு திறன் 80 %, கிடைத்த ஹைடிரஜனைப் பயன் படுத்தும் வெப்ப எஞ்சினின் பயனுறுதிறன் 40 %. இப்பயனுறுதிறன்களைப் பெருக்கினால் $(0.35 \times 0.8 \times 0.4)$ நமக்கு தண்ணீரை மின்பகுப்பு செய்வதன் மூலம் ஹைடிரஜனைப் பிரித்தெடுத்து அதைப் பயன்படுத்தும் முறையுடைய மொத்த பயனுறுதிறன் கிடைக்கும். இது 0.11 அல்லது 11 % ஆகும். உண்மையிலேயே இது குறைவானது தான்.

ஆனால் நாம் நிலக்கரியிலிருந்து திரவ எரிபொருளைப் பெறுவதற்கு அதிக செலவா கிறது என்பதையும் அம்முறையின் பயனுறுதிறன் குறைவானது என்பதையும் மறந்துவிடக் கூடாது. மின்சாரம் குறைவாகப் பயன்படுத்தப்படும்

நேரங்களில் (இரவு நேரங்களில், விடுமுறை நாட்களில்) தண்ணீரை மின்பகுப்பு செய்யலாம். மின் உபயோகம் திடீரென குறைவது மின் நிலையங்களுக்கு நல்லதல்ல. ஏனெனில், மின்நிலையங் களின் பாரம் (load) திடீரெனக் குறைக்கப் படுவதனால் அதிலுள்ள சாதனங்களின் வேலைநிலை பாதிக்கப்பட்டு அவை விரைவில் தேய்ந்து போகின்றன. இதனால் அதிக பொருளாதார நஷ்டம் ஏற்படுகிறது. இருந்தாலும், தண்ணீரை மின்பகுப்பு செய்து அதிலிருந்து ஹைடிரஜனைப் பெறுவதற்கு அதிக மின்னாற்றல் செலவானாலும் அம்முறை பொருளாதாரக் கண்ணோட்டத்தில் சிறந்ததாக உள்ளது.

ஹைடிரஜனைக் கொண்டுள்ள வினைப்படுத்து பொருட்கள் (Reagents), கிரியா ஊக்கிகள் போன்றவை பங்கேற்கிற வேதியியல் செயல்முறை களின் மூலமும் ஹைடிரஜனைப் பெறலாம். ஆற்றலியலில் ஹைடிரஜனுக்கு நல்ல எதிர்காலமிருப் பதால் அதை உண்டாக்கும் முறைகளுக்கு முக்கியத்துவம் அளிக்கப்பட வேண்டும்.

இத்துடன் ஆற்றலியல், அதன் வருங்கால வளர்ச்சி ஆகியவற்றைப் பற்றிய நமது உரையை முடிப்போம். இதிலிருந்து, மனிதனுடைய வாழ்க் கைத்தர வளர்ச்சிக்கு ஆற்றலியல் மிக முக்கிய பங்கு வகிக்கிறது என்பது தெரிகிறது.

விளாதிமிர் அலெக்சேவிச் கிரீலின் — சோவியத்து விஞ்ஞானப் பேரவையின் உறுப்பினரான வி. அ. கிரீலின் அவர்கள் வெப்ப இயக்கவியல், வெப்ப இயற்பியல், ஆற்றலியல் ஆகியதுறைகளில் பிரசித்தி பெற்ற விஞ்ஞானியாவார். லெனின் பரிசு மற்றும் அரசாங்கப் பரிசு பெற்ற அவர் பல்வேறு நாடுகளிலுள்ள பல்கலைக்கழகங்களின் கௌரவ டாக்டராக இருந்து வருகிறார். வி. அ. கிரீலின் அவர்கள் 1913 ஆம் ஆண்டு மாஸ்கோவில் பிறந்தார். மாஸ்கோ ஆற்றலியல் கல்லூரியில் பட்டம் பெற்றார். தற்பொழுது அவர் மாஸ்கோ ஆற்றலியல் கல்லூரியிலுள்ள தொழில்நுட்ப வெப்ப இயற்பியல் துறையின் தலைவராகவும் சேர்வியத்து விஞ்ஞானப் பேரவைக்குச் சொந்தமான அதி வெப்பநிலை ஆராய்ச்சிக் கல்லூரியிலும் பணியாற்றி வருகிறார்.

வி. அ. கிரீலின் அவர்கள் 20 வருடங்களுக்குமேல் ஆட்சி மற்றும் அரசாங்கப் பணிகளில் ஈடுபட்டு வருகிறார். அதில் 15 வருடங்கள் சோவியத்து மந்திரி சபையின் உதவித் தலைவராகவும் சோவியத்து யூனியனுடைய அறிவியல்-தொழில்நுட்பக் கமிட்டியின் தலைவராகவும் இருந்தார்.

மீர் பதிப்பகம்